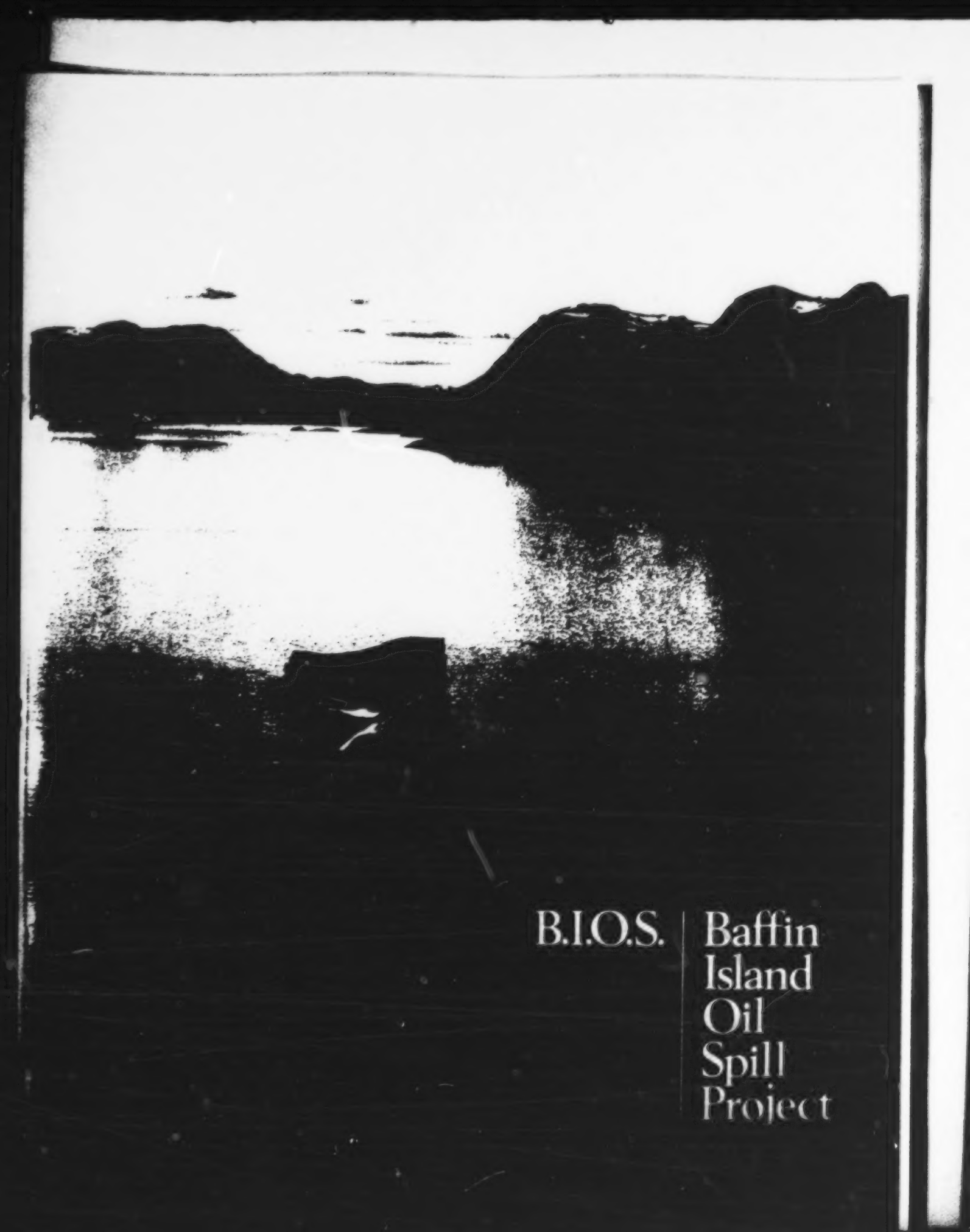

B.I.O.S.
Baffin
Island
Oil
Spill
Project

Presented by Environment Canada
and the Canadian Petroleum Association Frontier Division
on behalf of the Baffin Island Oil Spill Project Management Committee

This document was prepared by Gary Sergy, BIOS Project Manager, Environment Canada.
Published June 1986. Edmonton, Alberta.

Environment Canada Environnement Canada

CANADIAN PETROLEUM ASSOCIATION

The Baffin Island Oil Spill Project

Cover: Eclipse Sound near Cape Hatt (Peter J. Blackall)

Cette publication peut aussi être obtenue en francais.

Summary

In a remote coastal environment of northern Baffin Island, multidisciplinary scientific investigations were conducted during the period 1980 to 1983. Experimental releases of crude oil and chemically dispersed oil were monitored to quantitatively assess the short and long-term fate of spilled oil, its effects on nearshore marine plants and lower animals, and to determine the effectiveness of shoreline cleanup techniques.

As a result, the Baffin Island Oil Spill Project has advanced our capability to assess effects and countermeasures for oil spills in arctic waters. Additionally, it has improved our basic understanding of physical, chemical and biological processes in a major Canadian environment.

Project findings can be applied to decisions about the use of chemical dispersants on an oil slick approaching an arctic coastline and the cleanup of oil-contaminated beaches. The results provide no major ecological reasons to prohibit the use of chemical dispersants on oil slicks in nearshore areas typified by the experimental site; situations in which dispersant use would be acceptable can be recognized. The project results also suggest that clean up of oil stranded on many arctic shorelines is not essential environmentally, assuming such areas are neither critical habitat to higher organisms nor traditional land use sites.

Research

Arctic Oil Spill Research

In the early 1970s there was a growing interest in exploration for offshore petroleum reserves in the Canadian Arctic and in northern waters off the east coast. Offshore drilling brought the immediate risk of a major accidental spill of crude oil and future risks associated with potential production and transportation facilities.

Dome Petroleum

There was much concern about the impact of an oil spill on arctic coastal areas and the problems of combatting an oil spill in that remote and hostile environment. Knowledge about the fate and effects of spilled oil and about the effectiveness and consequences of specific oil spill countermeasures was needed to allow prediction of environmental impacts and development of appropriate technology.

Research Support

Since this increase in frontier activities and environmental awareness, both government and industry have supported studies to assess environmental impacts and improve the environmental design of development projects. These studies have documented the existing physical and biological state of the environment, and have helped to identify areas of particular importance and aspects sensitive to disturbance.

Oil spill effects and countermeasures have also been studied. Member oil companies of the Canadian Petroleum Association Frontier Division* have been active sponsors. Within the federal government, Environment Canada has addressed research needs through the Arctic and Marine Oilspill Program (AMOP). The thrust of AMOP activities has been to improve oil spill countermeasures for marine waters frequented by ice.

*Previously the Arctic Petroleum Operators Association and the Canadian Petroleum Association Offshore Operators Division.

Project Origin

Origin of the Baffin Island Oil Spill Project

By 1978, the scientific and technical development of measures to respond to arctic marine oil spills had advanced to the point where further progress demanded the conduct of experimental discharges of oil under field conditions. This was necessary to ensure that results and countermeasures would be applicable to real-world events.

Representatives from the Canadian oil industry, universities and government formed a committee under the auspices of AMOP to develop a plan for experimental oil spill research. The plan was circulated widely and received solid support from scientific and operational sectors, special interest groups and northern peoples. Two of the recommended experiments entitled the "shoreline" and "nearshore" studies, were subsequently combined into what became the Baffin Island Oil Spill or BIOS Project.

Objectives and Rationale of the BIOS Project Studies

The principal objectives of the BIOS Project were to assess whether the use of chemical dispersants on oil slicks in the arctic nearshore would reduce or increase the biological effects of spilled oil and to assess the effectiveness of other shoreline protection and cleanup methods. A further objective was to determine the chemical and physical fate of oil in arctic coastal areas.

These objectives addressed the selection of an appropriate action to deal with oil slicks threatening nearshore areas or those already stranded on a beach face. Three potential alternatives were considered:

1. To apply a chemical dispersant on the oil slick to remove it from the surface of the water. This would reduce the likelihood of contact with seabirds and marine mammals and reduce shoreline contamination. Chemical dispersants change the surface properties of oil so that waves can more easily break the slick into very small droplets and mix the oil particles into the water column. Consequently, the dispersed oil may adversely affect organisms that live on and in the bottom sediments of shallow coastal areas. The potential severity of these effects in arctic waters was unknown before the BIOS Project began.
2. To apply the existing technology to clean up oil stranded on shorelines. Our abilities to restore arctic beaches are, however, severely limited. Since the effectiveness of some existing southern techniques was unknown for northern beaches, these were included in the BIOS study.
3. To leave oil on the beach and allow natural cleaning processes to take their course. Information about the fate and effects of beached oil under natural conditions is needed to assess the implications of this option. Such knowledge about the Arctic was sparse before the BIOS Project.

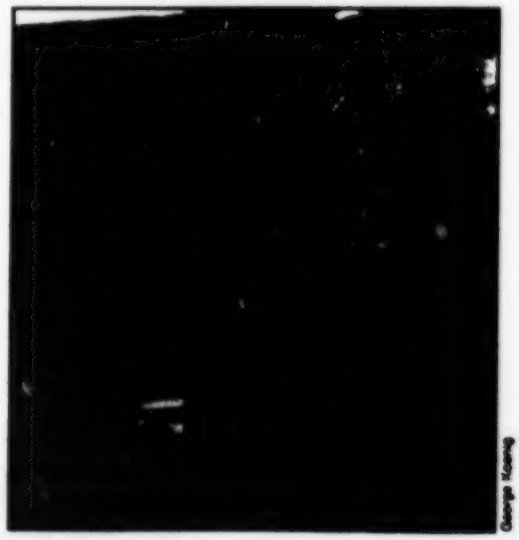
Management and Organization of BIOS

By 1980 it was evident that efficient coordination and management would be needed for such a complex project. The BIOS Project Office was established in Edmonton, and staffed by Environment Canada. It was guided by a management committee consisting of representatives of all agencies funding the project. Five technical committees were formed to plan and advise on the scientific work; one each for physical, chemical and biological research, oil discharge procedures and shoreline countermeasures. Petro-Canada managed the logistical support for the field operations.

Local Involvement

BIOS maintained close liaison with local residents throughout the project. Selection of the Cape Hatt site was based in part on suggestions made by members of eastern Arctic communities. Meetings were held throughout the project with Pond Inlet and Arctic Bay hamlet councils. Members of the two hamlet councils were brought on site to see the oil releases.

The project provided as many opportunities to the nearby communities as possible. Supplies were purchased locally and residents were hired to work in the camp. People on hunting and fishing trips often dropped in at the camp for coffee and conversation.



The Site

Choosing A Test Site

The experiments required a test site with shorelines and nearshore environments suitable for comparative studies and representative of the arctic or subarctic coast. The site also had to be acceptable to local residents concerned about the possible adverse environmental impacts.

Coastal areas of Labrador, Lancaster Sound and the Beaufort Sea were all potentially appropriate. After air and ground surveys and community consultation, the search was narrowed to northern Baffin Island. Several locations were suggested by the Pond Inlet and Arctic Bay hamlet councils from which the Cape Hatt area was chosen.

Cape Hatt

Cape Hatt is 65 km southwest of Pond Inlet, the nearest community. It is in an area where the land is generally mountainous and dissected by fjords. Steep rocky promontories break the coastline into a series of bays with beaches of coarse sand, gravel or cobble. On the west side of the Cape Hatt peninsula (Ragged Channel) a series of such bays provided a site for the nearshore study. On the east side, a well protected embayment ("Z" lagoon) was suitable for the shoreline study.

Cape Hatt does not support large populations of birds or marine mammals. As is common in the Arctic, the intertidal areas (between the high and low-water tide marks) are barren of lower life forms due to the harsh environment. In subtidal areas (below low tide) biological productivity on the seafloor becomes significant in water depths greater than a few meters. The species of subtidal plants and animals at Cape Hatt are common in arctic coastal areas.

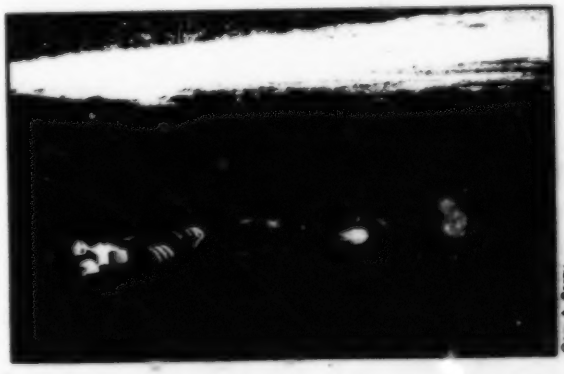
Open water conditions prevail for an average of 65 days per year (late July to early October) and tides vary between 1 and 2 m.

The Camp at Cape Hatt

In May 1980 a field camp was set up at Cape Hatt. A site was chosen adjacent to a freshwater lake and near an area suitable for an airstrip. The camp consisted of hardshell and parcol (tent) units capable of accommodating up to 60 people. Relatively extensive laboratory facilities and a maintenance shop supported the diverse scientific programs.

A subsidiary camp near the shoreline was used for diving operations, sorting biological samples, and laboratory work requiring flowing seawater.

The camps were used during the ice-covered period in the spring and throughout the open water period of each year.

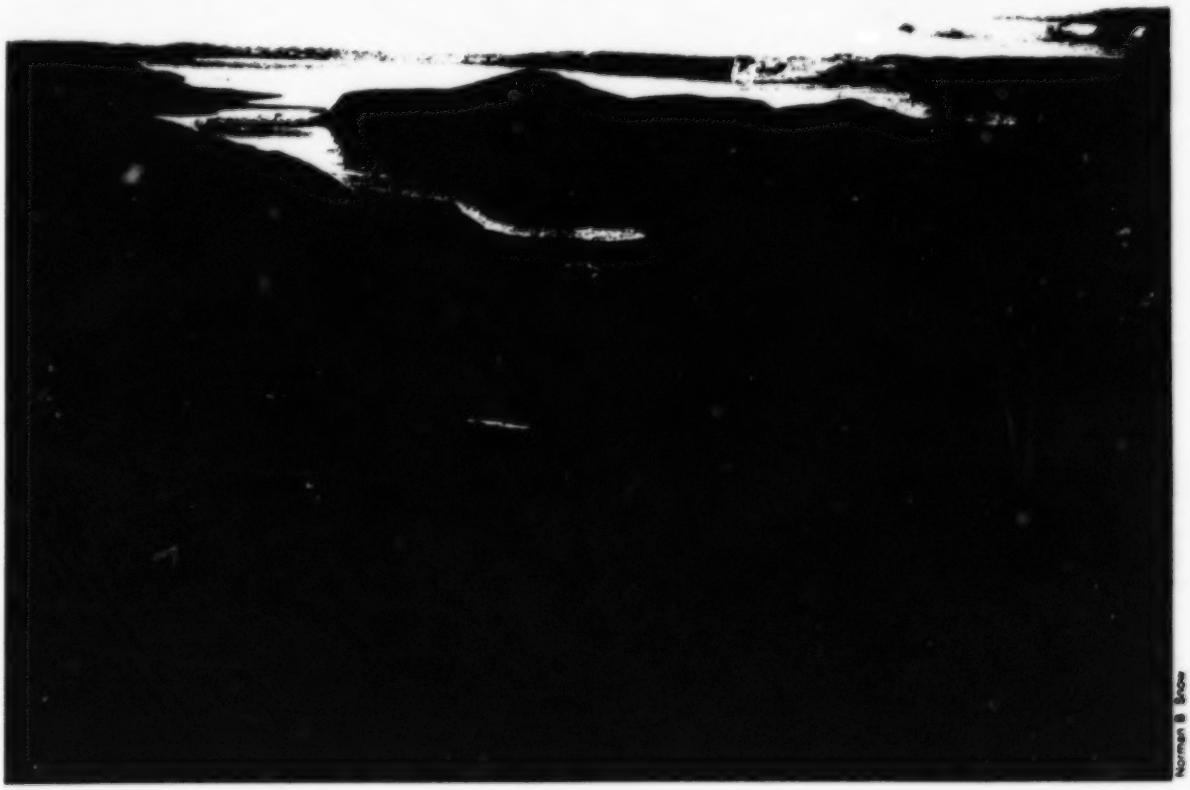


ECLIPSE SOUND
CAPE HATT
LAGOON
OILED BEACH PLOTS
RAGGED CHANNEL
SITES OF EXPERIMENTAL OIL RELEASES
CANADA
U.S.A.

Representativeness of the Study Environment

The experimental study area had shoreline characteristics and a subtidal habitat representative of the eastern and high Arctic and northern Labrador. With the exception of the southern Beaufort Sea, the test sites generally exemplified arctic coastal environments likely to be affected by an oil spill.

The relative absence of birds and mammals in the study area was not considered unusual; only a low proportion of the vast arctic coastline is extensively utilized by important resource species.



Logistics

Installation and supply of a remote camp required the movement of massive quantities of material. During the set-up, seven Hercules aircraft loads were hauled by cat-train across the sea ice of Eclipse Sound. Hundreds of drums of fuel and tons of equipment were delivered by the Canadian Coast Guard ice breaker *Franklin* and by commercial sea lift.

Regular camp supply and personnel transport required helicopter and Twin Otter aircraft. The helicopter stationed continuously at the camp was invaluable in meeting local logistical needs and in conducting scientific sampling and observation.

Nearshore

The Nearshore Study

Design

The strategy of the nearshore study was to select several similar bays or test sites along the shore of Ragged Channel, release an oil slick into one, a mixture of oil and dispersant into another and use another as an untreated control. A comparison was then made of the fate and effects of the dispersed oil with that of the oil slick which stranded on the beach.

The experimental design covered four years. Physical, chemical and biological studies in 1980 were used to select the test bays and to provide a prespill database. Information on geomorphology, meteorology, ice movement and oceanography was further used to make predictions about the movement and behavior of the released oil.

The oil discharges took place in 1981. Observations and measurements were made before and after these events and continued in 1982 and 1983.

Measurements were made of the concentration and composition of oil in the water column, in intertidal and subtidal sediments and in the benthic organisms or benthos (plants and animals living in association with the sea floor, eg. worms, clams, starfish, seaweed). The effects of the oil on the numbers, size, health and behavior of the benthos were monitored. Plankton, fish, sea birds and mammals were not included in the study because of their transient nature and mobility.

Sample Collection

Diver biologists, experienced with arctic conditions, played a very important part in BIOS. The ability to make direct underwater observations and collect samples greatly enhanced the quality of the information gathered.

Dana H. Thomson

Sampling and measurements were also made from small boats, from the shorelines and through the ice.

William E. Cross

Environmental Protection During the Experimental Releases

Precautions were taken to minimize any unintended impacts of the experiments. The project staff prepared a contingency plan and a Canadian Coast Guard response team was on-site during the spills. Oil was released only under conditions that would carry it to the designated areas. Booms were deployed to contain floating oil. Other countermeasures equipment was kept on standby in case of emergency. No seabirds or marine mammals entered the experimental area while significant oil was present on the water surface. None were ever seen to be oiled.

David F. Dickins

The Oil Discharges

The discharges were intended to simulate two specific events which could occur if a relatively fresh oil slick approached an arctic coastline during the open water season. If the slick was chemically dispersed, the cloud of oil particles would contact the seafloor sediments and marine life in shallow water areas. If no action were taken, the floating oil would strand on the beach.

For each of the two discharges, about 75 drums (15 cubic meters) of crude oil were used. Both discharges occurred during the rising tide (a six-hour period) when oil would normally be expected to move inshore.

Release of the Oil Slick

The oil was released onto one of the test bays on August 19th, 1981. Winds carried the slick to the shoreline. As the tide ebbed, oil was stranded over the sand and gravel sediments in the intertidal zone. Booms were in place to control the slick and to prevent contamination of adjacent test sites.

After a full tidal cycle, oil remaining on the water surface was recovered to simulate natural waterborne removal. This recovery ceased when, after 48 hours, oil on the beach was stabilized and no longer refloated in large quantities.

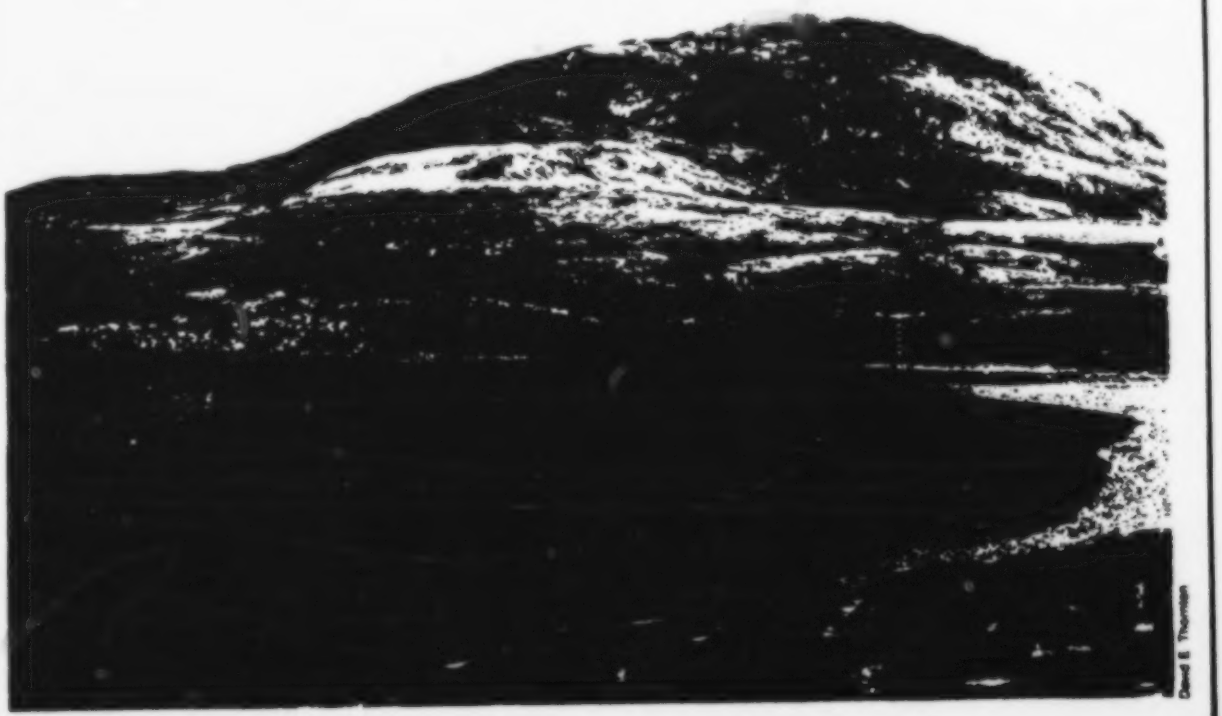
Fate of the Stranded Oil Slick

About one-third of the oil did not adhere to the beach and was removed from the water surface. Evaporation and dissolution in seawater accounted for a further third, so that only one-third of the oil remained stranded on the beach a few days after the spill. The result was a realistic but relatively light level of contamination of a low wave energy shoreline.

During the next two years (totalling 18 weeks of open water conditions), the amount of oil on the beach was reduced relatively quickly. By 1983 only 30% of the original stranded oil volume remained. The distribution of oil within the contaminated area was patchy and the chemical composition varied due to the action of biological and physical processes. Most of the remaining oil was consolidated within the sediments in a well stabilized formation which was expected to retard the rate of subsequent erosion.

Some of the oil removed from the beach was transported by runoff and wave action to the adjacent subtidal sediments. The quantity of these oil residues increased slowly over time and decreased with distance from the shoreline. The actual concentrations were, however, relatively low.

Concentrations of oil in the water column were always low, even beneath the slick. In 1982 and 1983 only trace amounts of oil were present in the waters of Ragged Channel. Occasional sheens emanated from the beach, but these contained very small quantities of oil.



Discharge of Chemically Dispersed Oil

On August 27th, 1981 in another test bay, a mixture of oil, chemical dispersant and seawater was discharged through a subsea diffuser pipe laid near the bottom. This method was chosen for better control of the oil and to enhance the formation and distribution of the dispersed oil cloud. The cloud created was equivalent to complete dispersion of a surface slick. Booms were positioned to control any recoalescence of oil on the surface.

Gary A. Sanger

Fate of the Chemically Dispersed Oil

Currents swept the dispersed oil cloud through the designated test bay as well as an adjacent study bay. Oil contacted bottom sediments and organisms between the shoreline and about a 15 m depth. After a few days the oil was widely distributed throughout the surface waters of Ragged Channel and diluted to very low levels. Almost all the oil remained in the dispersed state and very little refloated or adhered to the beach sediment.

In the test bay where the release occurred, concentrations of oil in the water column were much higher than expected or previously recorded when dispersants were applied to a floating oil slick. Concentrations in the adjacent study bay were, however, more consistent with such expectations.

As a result of the subsurface discharge technique, benthic organisms at both these sites were exposed to unusually high concentrations of the more toxic components of the oil that would normally have been lost by evaporation. The method of discharge also introduced oil at greater depth than might be the case when a floating slick is treated with dispersant.

As the dispersed oil cloud dissipated over Ragged Channel, marine organisms over a much larger area were exposed to the oil at very low concentrations.

Chemically dispersed oil rapidly contaminated subtidal sediments, but the quantities of oil in the sediments were minor.

Why Study Benthic Organisms

Benthic plants and animals live in association with marine bottom sediments. Many clams and worms burrow into the mud. Others, like starfish, sea urchins and algae are on top. Collectively termed the benthic community, these organisms play an essential role in the functioning of the ocean ecosystem. They recycle basic nutrients and support higher animals in the food web. They are also studied because their relatively stationary lifestyle make them good indicators of pollution. Some arctic clam species are known to have life spans in excess of 30 years.

There was a great variety of benthic organisms at Cape Hatt, Baffin Island. About 250 different species of animals and 60 different algae were identified. They were also present in considerable quantity. An average square meter of bottom (at 7 m water depth) contained over 6000 animals with a biomass of 1.4 kilograms.

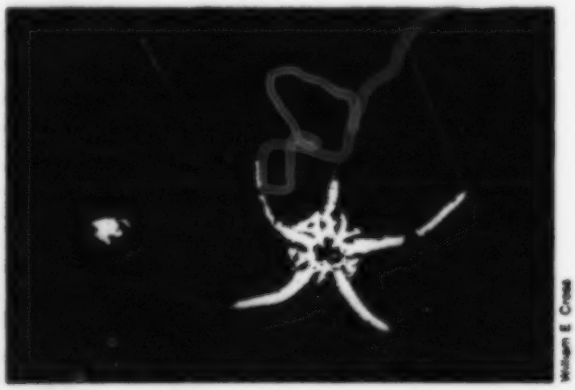
Biological Effects of The Oil Spills

Immediate Effects

Given the sparsity of intertidal life, biological effects in this zone were small, as expected. Amphipods (small shrimp-like creatures), which spend part of their time along the water's edge, were killed when they came in contact with the oil slick. In fact, both experimental releases temporarily reduced the numbers of one amphipod species, but by the following year these populations had been replenished by migration from adjacent areas.

No short-term subtidal effects were attributed to the surface slick. However, the dispersed oil cloud had very noticeable acute effects on various subtidal benthic animals in both the bay where the release occurred and the adjacent study bay.

The initial reactions included the emergence of some animals from the sediment and movement by others, which suggested an attempt to avoid the oil. Soon all visible animals were immobilized or narcotized and lay in unnatural postures.



William E. Cross

Most of these animals recovered during the next two weeks, although it was observed that some were eaten by scavengers or predators.

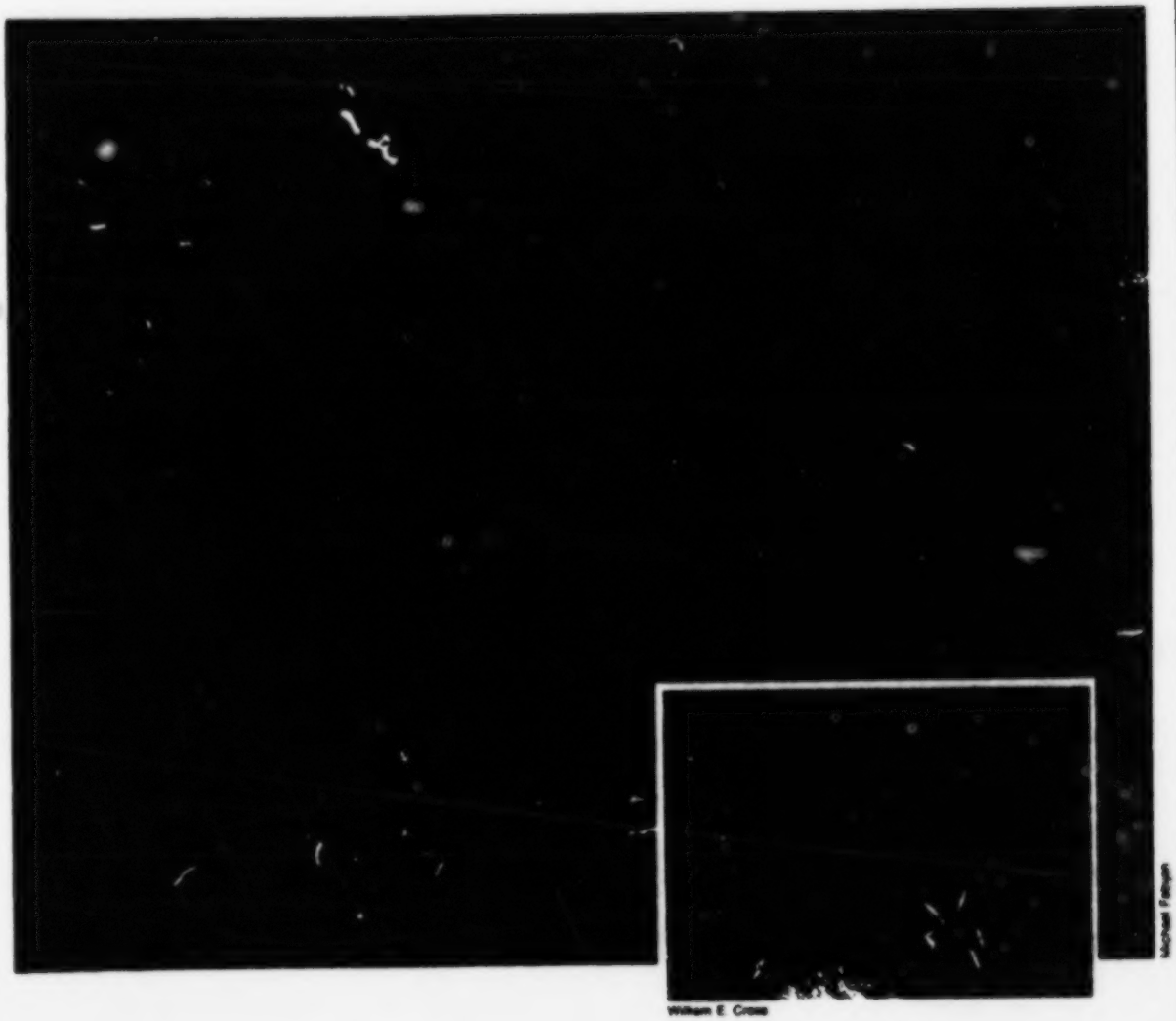
The general pattern of response was confirmed by laboratory investigations in which the conditions observed in the field were reproduced. These demonstrated that the observed effects were caused by the high level of exposure rather than the quantity of oil accumulated in the body. The unusually high concentration of unweathered toxic compounds in the dispersed oil was likely responsible.

No behavioral changes were seen elsewhere in Ragged Channel, where only very low levels of dispersed oil were encountered.

Longer Term Effects

Neither of the oil releases caused significant mortality of benthic organisms during the period of observation nor brought about any significant change in the benthic community structure. Data on the animals and plants at the test sites were subjected to rigorous statistical analysis. Many variables were examined but very few changes could be attributed to the effects of oil.

There were indications of sublethal effects on a few species. These were similar for both spills, indicating that persistent oil residues in the subtidal sediments were the probable cause.



Michael Finlayson

William E. Cross

Bioaccumulation of Oil

Both a short and long-term effect of the oil spills was the accumulation of oil in the bodies of the subtidal benthic animals. This uptake commonly occurs through feeding; for example, some clams filter large amounts of water to remove fine suspended particles (filter feeders); others ingest the bottom sediments (deposit feeders).

Filter feeders exposed to the dispersed oil cloud rapidly accumulated large amounts of oil. This occurred at even very low concentrations of oil and thus affected a widespread area because of the extensive movement of the oil cloud. Oil accumulations fell quickly when exposure ceased, showing a marked decrease within two weeks and returning to near background levels within a year.

On a longer term but very localized basis, deposit-feeding clams and sea urchins living in contaminated sediments had elevated body levels, even two years after the spills, thus reflecting the continued influence of the low-level oil residues in the sediment. This situation, while similar for both spills, was expected to continue for a longer period in the subtidal zone adjacent to the stranded oil slick where greater quantities of oil were potentially available for a longer period.

Effects of Oil on Bacteria and Biodegradation of Oil

Water column microorganisms that use carbon compounds as a food source were not affected by the surface oil slick and only temporarily affected by the chemically dispersed oil. Effects of oil on the bacteria living in subtidal sediments were also minor.

Oil degrading bacteria were present in the water column and subtidal sediments of all bays, but chemical and biological analyses were unable to demonstrate that biodegradation was actually occurring *in situ* in the subtidal sediments. Although the potential for biodegradation was clearly present, it did not appear to be a significant factor in removal of sedimented oil at the low concentrations present.

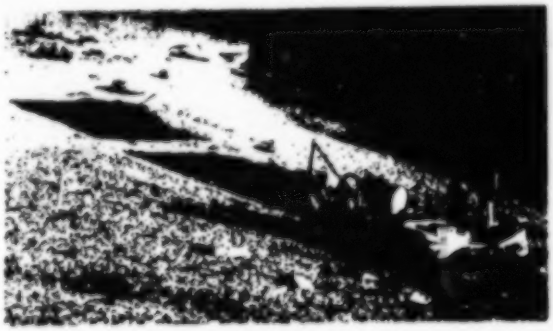
In the intertidal zone, the biological degradation of stranded oil was confirmed. However, over the short term of two years this action removed only minor quantities of oil, especially when compared to those removed by physical processes.

Shoreline

The Shoreline Study

Design

The intent of the shoreline study was to compare the effectiveness of selected cleanup techniques with that of natural self-cleaning processes. The study extended over a four year period. In 1980 control plots were oiled; in the second and third year cleanup and control plots were oiled and different beach cleaning methods were tested.



Sections of coastline with different beach materials and varying degrees of exposure to wave and tide action were selected at the entrance to and inside "Z" lagoon. Crude oil was directly applied in a uniform layer to paired plots (20-40m^2) in the intertidal zone of the test beaches as well as on the backshore (upper shore zone beyond the advance of usual waves and tides). The crude oil used was the same as in the nearshore study. A water-in-oil mixture was used on one of each of the pairs of plots. Such emulsions or 'chocolate mousses' often form following marine oil spills. After oiling, the plots were left for 24 hours (two tidal cycles) before initiation of cleanup methods.

All plots were sampled and surveyed prior to oiling and at scheduled intervals thereafter, including year four. Changes in the concentrations, composition and distribution of oil were monitored.

Retention and Persistence of Oil

Intertidal plots were oiled to excess. Initial retention of the oil was a function of sediment characteristics, the level of the water table and oil type. Subsequent removal was mainly due to wave and tidal action.

Wave energy was a dominant factor on exposed beaches where 99% of the oil was removed within 48 hours. On the partially exposed beach most of the oil was removed during the first open water season, and by the end of the second season less than 0.05% remained. On the sheltered beaches, rising tides removed large quantities of oil during the first few days, after which the amount of oil declined at a slower rate. Oil was less persistent on a flatter beach with fine grained sediment than on a steeper beach of pebbles and cobbles which provided more surface roughness. In the latter case, oil residues were still visible in the fourth year after the spill.

The backshore plots were not affected by wave action. Climate and soil conditions therefore played a larger role in the fate of oil. Visual appearance did not change very much except that three-year old plots had a surface of hard oil. Composition of the oil was affected greatly by physical and biological degradation.

Beach Cleaning Methods

In the cleanup tests, chemical dispersant was applied to the oiled plots in two ways: mixed with seawater and sprayed with a high-pressure hose to flush the plots, or alternatively, gently sprayed on the plots and left to be worked by tide and wave action. On cobble beaches partially exposed to the waves the use of dispersants quickly reduced the amount of oil present on the surface, however, after 40 days concentrations were similar to those of the untreated oiled plots. On very sheltered beaches, wave energy was insufficient to break up the mixture of dispersant and oil. The treatment in these cases was ineffective.

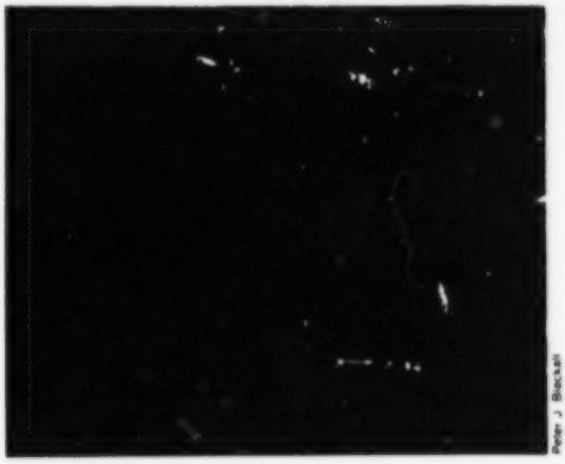
Mechanical mixing of oiled sediment by rototiller quickly reduced the amount of oil at the surface, but increased the amount below. Use of chemical solidification agents, while very labour intensive, was effective in stabilizing oily sediments. Low-pressure flushing of oiled fine-grained beach

sediments by seawater did not reduce oil concentrations. Burning also proved ineffective as even high-temperature igniters failed to sustain combustion on oiled cobble beaches. Application of commercial fertilizers onto the plots increased bacterial numbers and biodegradation of oil on fine-grained backshore sediments, but not on those composed of a coarse material.

Applications

Application of the Results to Oil Spill Countermeasures

The BIOS Project has acquired reliable data concerning the fate and effects of chemically dispersed oil in the arctic nearshore, and oil stranded on the shoreline as well as data concerning the effectiveness of shoreline cleanup techniques. These data can be applied directly to decisions about the use of chemical dispersants on an oil slick approaching an arctic coastline and the cleanup of oil-contaminated arctic beaches.



Peter J. Becker

The Use of Chemical Dispersants on Oil Slicks

BIOS Project results provide no major ecological reasons to prohibit the use of chemical dispersants on oil slicks in nearshore areas similar to the experimental site.

Shallow water marine plants and lower animals withstood severe exposures to chemically dispersed oil for realistic periods of time. Some immediate behavioral and physiological effects occurred but were temporary. During a two-year period after the spill there were no ecologically significant changes in the benthic community.

Dispersant-use decisions should consider the repercussions of the accumulation of oil by benthic animals. BIOS study results indicate this could occur over a large area but would probably exist for only a short period. Long-term effects due to the low-level oil residues in subtidal sediments would likely be very localized. Nevertheless, concerns are valid where a heavy consumption of tainted organisms could occur, for example in concentrated feeding areas for birds and mammals. Direct oiling of birds and mammals is, however, viewed with much greater concern than the transfer of hydrocarbons up the food chain. It is generally acknowledged that critical habitats for such significant resource species should be protected from oil of any type.

In a real spill, the actual approval and use of chemical dispersants would be conditional on a great number of factors. Economic, technological and logistic criteria would play a role in the final decision, as would the environmental implications. The BIOS Project studied only the latter, but results indicate that the use of chemical dispersants in coastal areas can be an environmentally acceptable countermeasure and can reduce the net negative effect of spilled oil. Chemical dispersion may be the only alternative in situations where the immediate protection of shoreline and nearshore habitats is of primary importance or where a shoreline cleanup operation is environmentally less desirable.

It is unlikely that dispersant use would be proposed in areas where protection of shorelines is not a high priority. Therefore, in some cases, slicks would strand on the beach.

Priorities for Shoreline Protection and Cleanup

The BIOS Project results provide no strong ecological reasons for the cleanup of oil stranded on arctic shorelines, assuming such areas are neither critical habitat to higher organisms nor traditional land use sites.

A relatively minor impact resulted from the oil-contaminated beach which was left to natural processes. Exposure to low-level oil residues in the sediments did not cause significant changes in the subtidal benthic plants and animals over a two-year period following the spill. While a large oil spill incident could increase the effects, the experimental spill was one of realistic severity in a common type of arctic coastline habitat and therefore indicative of actual impacts.

The results indicate that oil residues would persist for long periods of time on low-energy beaches and backshore areas and in nearby seabed sediments. Shoreline cleanup decisions should therefore consider the implications of localized bioaccumulation of oil and the potential for future sublethal effects in subtidal benthos.

The results also confirm that oil contaminated arctic beaches can be cleaned by natural processes despite the short open water season and that this can occur very quickly on beaches exposed to moderate wave action.

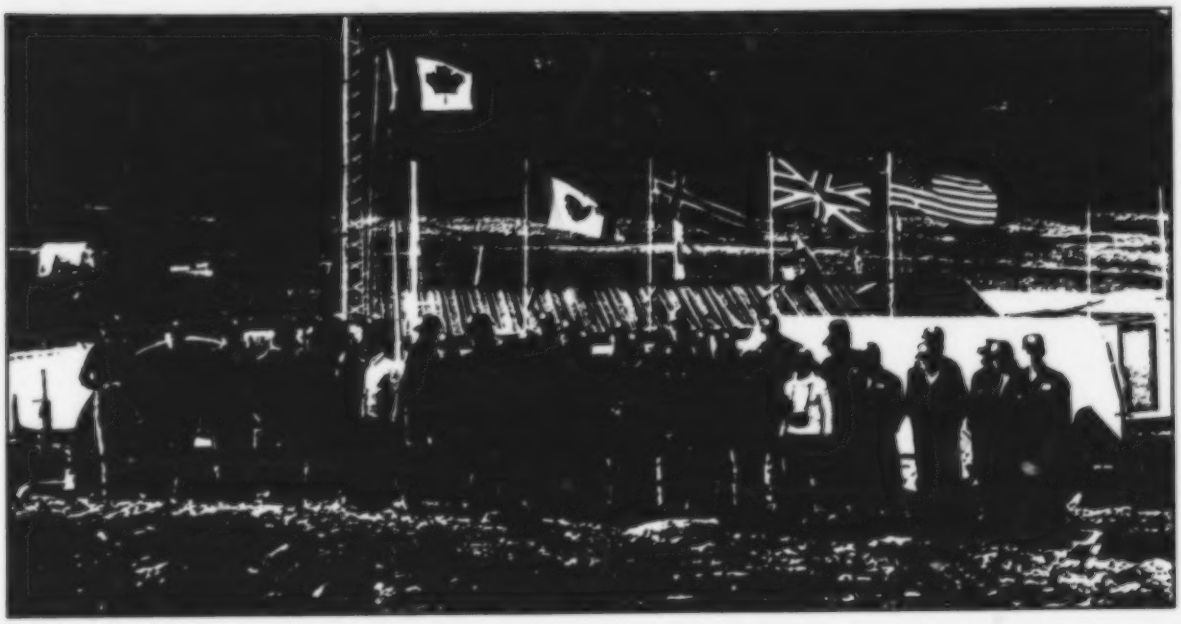
In terms of shoreline cleanup priorities, the findings suggest that natural cleaning can be an acceptable countermeasure option for large portions of the arctic coastline. Response efforts can be more effectively directed towards areas of greater importance and sensitivity, such as shores adjacent to communities, wildlife breeding and staging areas, and traditional hunting and fishing camp locations.

Shoreline Cleanup Methods

Climatic, logistic and technical constraints severely reduce the practicality of shoreline cleanup (and protection) in many arctic oil spill situations. Effective countermeasures are limited in type and application, and many of them would serve only to speed up natural recovery. It is therefore essential in any spill to carefully select the most suitable strategy and technique where enhanced cleanup is required.

Of the cleanup methods studied in BIOS, two were able to produce an immediate reduction in the quantity of oil on the beach surface. This might be desirable where the objective is to reduce contact between oil and wildlife which frequent the shoreline. In such cases the beach face could be washed with a dispersant solution, flushing the oil back into the subtidal environment. Alternatively, mechanical mixing could be used to redistribute oil deeper into the beach.

Dispersant washing could also be considered as a means to prevent oil-sediment consolidation (asphalt pavement) in the intertidal zone and reduce the persistence of oil residues stabilized in this manner.



International Cooperation in BIOS

From the beginning, the involvement of all interested groups was a deliberate policy of the BIOS Project. Governments, industry, public interest groups and the local people took part in the design and operation of the project.

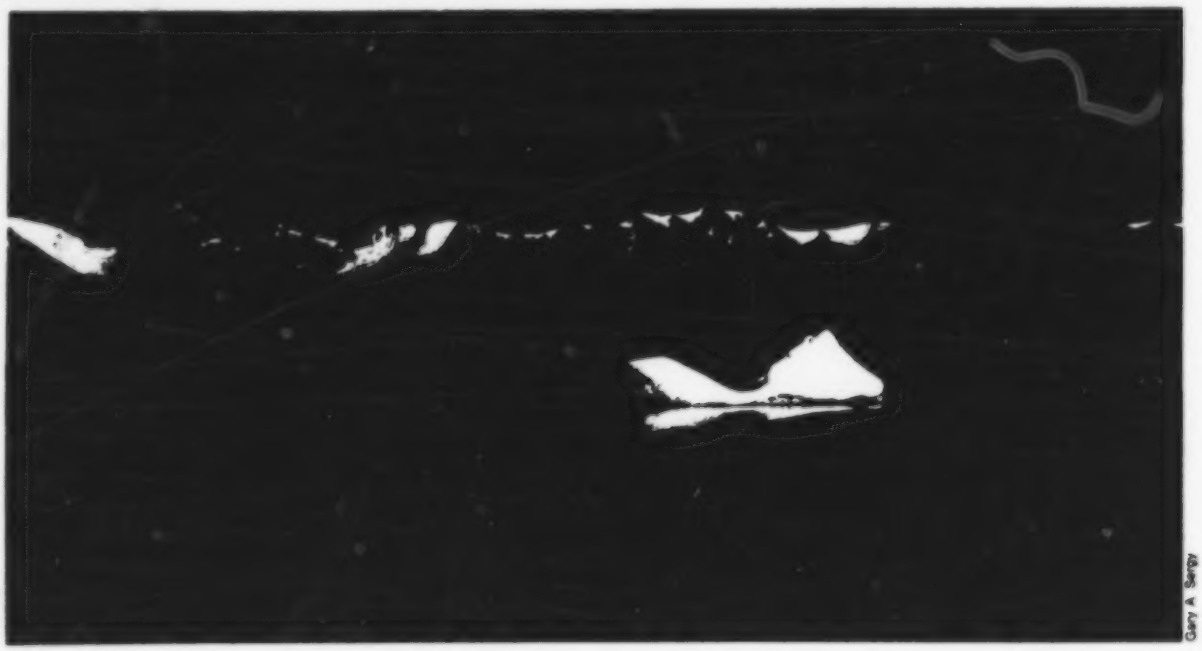
The result was a very successful example of international cooperation. Agencies and companies from Canada, the United States, Norway and the United Kingdom participated in the planning, financing and execution of the project. Direct foreign funding accounted for about 25% of the total cost. The balance of the cost was shared equally by the Canadian government and Canadian oil industry.

in Overview

The BIOS Project has shown the value of practical research applied in a judicious manner.

The study objectives were accomplished, and much has been learned about the physical and ecological nature of the arctic coastline and the effects of spilled oil in this environment.

The project has provided a solid foundation on which to build a program to monitor the effects of man's activities in the Arctic and to continue the effort to improve the technology for cleaning up oil spills in arctic waters.



Gary A. Sergy

Publications

BIOS Project Publications

This overview of the Baffin Island Oil Spill Project is supported by 31 technical working reports available from the Technology Transfer and Training Division, Conservation and Protection, Environment Canada, Ottawa, Ontario K1A 1C8.

A series of scientific papers on the BIOS Project will be published as a special issue of the journal *Arctic* by the Arctic Institute of North America, 11th Floor, Library Tower, 2500 University Drive N.W., Calgary, Alberta T2N 1N4.

Further inquiries about the BIOS Project should be directed to: BIOS Project, c/o River Road Environmental Technology Centre, Conservation and Protection, Environment Canada, Ottawa, Ontario K1A 1C8.

Baffin Island Oil Spill Project Working Report Series

1980 Study Results

Report 80-1 CHEMISTRY: 1. Field Sampling and Environmental Chemistry
80-2 CHEMISTRY: 2. Hydrocarbon Chemistry
80-3 MACROBENTHOS
80-4 SHORELINE COUNTERMEASURES
80-5 MICROBIOLOGY: 1. Effects of Oil on Bacterial Activity
80-6 MICROBIOLOGY: 2. Biodegradation of Oil
80-7 GEOMORPHOLOGY
80-8 ICE CONDITIONS

1981 Study Results

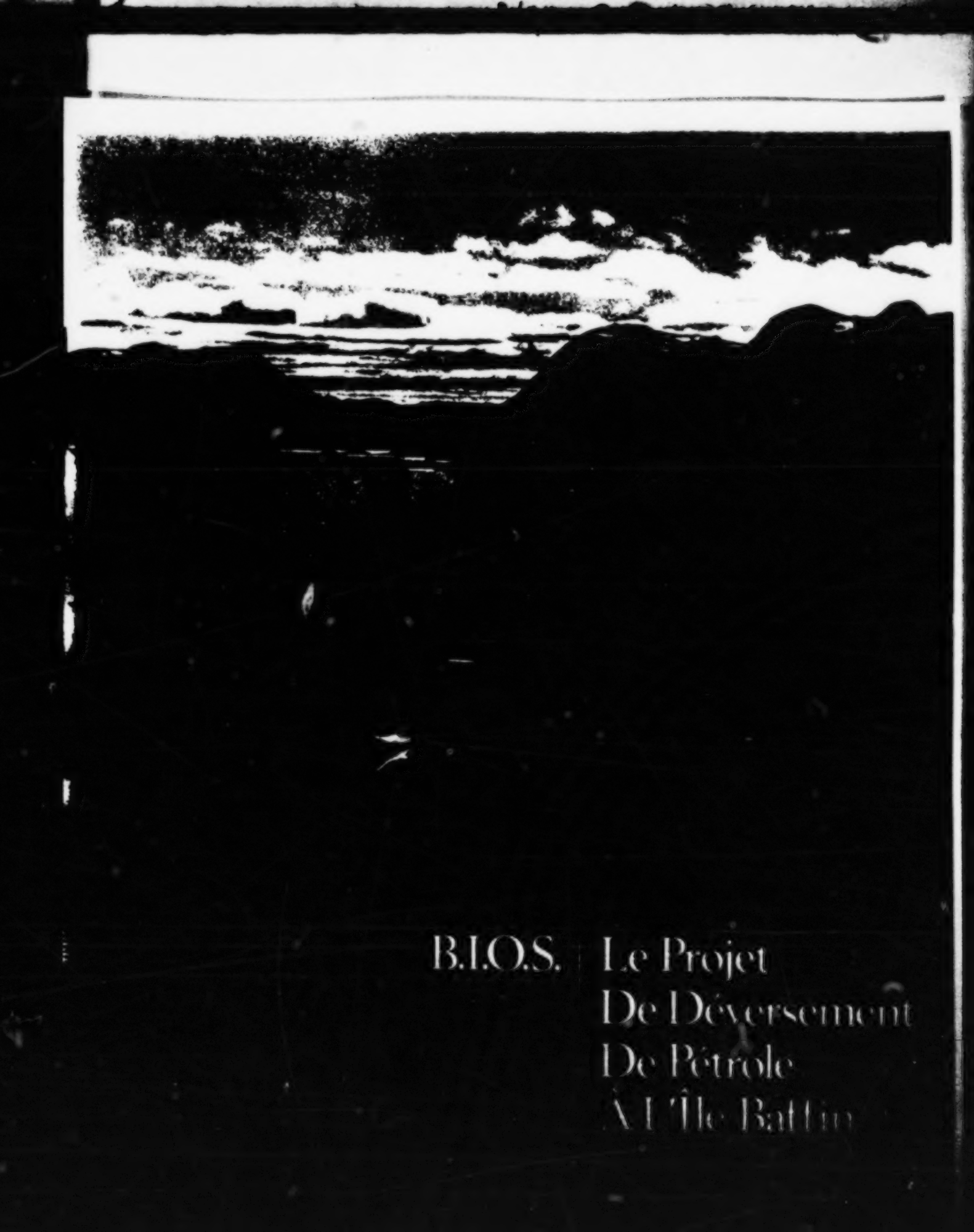
Report 81-1 CHEMISTRY: 1. Field Sampling and Measurements
81-2 CHEMISTRY: 2. Analytical Biogeochemistry
81-3 MACROBENTHOS
81-4 SHORELINE COUNTERMEASURES
81-5 MICROBIOLOGY: 1. Effects of Oil on Bacterial Activity
81-6 MICROBIOLOGY: 2. Biodegradation of Oil
81-8 ICE CONDITIONS
81-9 DISCHARGE SYSTEMS
81-10 SPECIAL STUDIES

1982 Study Results

Report 82-1 CHEMISTRY: 1. Field Sampling and Measurements
82-2 CHEMISTRY: 2. Analytical Biogeochemistry
82-3 MACROBENTHOS
82-4 SHORELINE COUNTERMEASURES
82-5 MICROBIOLOGY: 1. Effects of Oil on Bacterial Activity
82-6 MICROBIOLOGY: 2. Biodegradation of Oil
82-7 SPECIAL STUDIES

1983 Study Results

Report 83-1 CHEMISTRY: 1. Field Sampling and Measurements
83-2 CHEMISTRY: 2. Analytical Biogeochemistry
83-3 MACROBENTHOS
83-4 SHORELINE COUNTERMEASURES
83-5 MICROBIOLOGY: 1. Effects of Oil on Bacterial Activity
83-6 MICROBIOLOGY: 2. Shoreline Biodegradation
83-7 TOXICOLOGY



B.I.O.S. | Le Projet De Déversement De Pétrole À L'Île Baffin

Présenté par Environnement Canada
et l'Association pétrolière canadienne, Division Frontier
pour le compte du Comité de direction du Projet de déversement
de pétrole a l'île Baffin

Ce document a été établi par Gary Sergy, Conservation et Protection, Environnement Canada.
Publié en juin 1986. Edmonton (Alberta)

Environnement Canada Environment Canada

CANADIAN PETROLEUM ASSOCIATION

Le Projet
De Déversement De Pétrole
À L'Île Baffin

La couverture: le Sund Eclipse pres du Cap d'Hatt (Peter Blackall)

This publication is also available in English.

Résumé

Des recherches scientifiques multidisciplinaires ont été effectuées, entre 1980 et 1983, dans un secteur littoral éloigné du nord de l'île Baffin. Des déversements expérimentaux de pétrole brut et d'hydrocarbures dispersés chimiquement ont été effectués afin d'évaluer quantitativement l'évolution à court et à long terme des hydrocarbures déversés ainsi que leurs effets sur les végétaux marins et les invertébrés près des rivages, et de déterminer l'efficacité des techniques de nettoyage des rivages.

Le projet de déversement de pétrole à l'île Baffin nous a permis de mieux évaluer les effets des déversements d'hydrocarbures et l'efficacité des mesures d'intervention dans les eaux arctiques, et de mieux comprendre les processus physiques, chimiques et biologiques d'un important secteur de l'environnement canadien.

Les résultats du projet peuvent être appliqués aux décisions portant sur l'utilisation de dispersants chimiques sur des nappes d'hydrocarbures approchant les rivages et le nettoyage des plages contaminées dans l'Arctique. D'après ces résultats, il semble n'y avoir aucune contre-indication majeure d'ordre écologique à l'utilisation de dispersants chimiques sur les nappes d'hydrocarbures dans les secteurs littoraux représentés par le site expérimental; les situations dans lesquelles l'utilisation de dispersants est acceptable peuvent être déterminées. Les résultats du projet nous portent également à croire que le nettoyage des hydrocarbures échoués sur de nombreuses plages de l'Arctique n'est pas essentiel, pourvu que ces rives ne constituent pas un habitat critique pour des organismes supérieurs ou encore un site d'utilisation traditionnelle des terres.

La Recherche

La Recherche Sur Les Déversements D'Hydrocarbures Dans L'Arctique

Au début des années 1970, l'exploration des réserves de pétrole offshore dans l'Arctique canadien et les eaux septentrionales de la côte Est a commencé à susciter de plus en plus d'intérêt. Les forages au large constituent, à court terme, un risque de gros déversements accidentels de pétrole brut; à long terme, d'autres risques sont associés aux installations de production et de transport du pétrole.

Dome Petroleum

On s'est beaucoup préoccupé de l'impact que pourrait avoir un déversement dans les secteurs littoraux de l'Arctique et des problèmes que pose la lutte contre ces déversements dans un milieu éloigné et difficile d'accès. Il fallait donc mieux connaître l'évolution et les répercussions des hydrocarbures dispersés et déterminer l'efficacité et les conséquences des mesures de lutte contre les déversements pour établir des prévisions sur les impacts environnementaux éventuels de ces projets et développer la technologie appropriée.

Appui à la recherche

Avec l'augmentation des activités dans les régions éloignées et l'accroissement de la "conscience écologique" de la population, le gouvernement et l'industrie ont tous deux subventionné des études visant à évaluer l'impact environnemental de leurs projets de développement et d'en améliorer la conception en conséquence. Ces études ont permis d'évaluer l'état physique et biologique actuel du milieu et ont aidé à déterminer les secteurs présentant une importance particulière et les paramètres sensibles aux perturbations.

Les effets des déversements d'hydrocarbures et les mesures d'intervention ont également fait l'objet d'études. Les compagnies membres de la Canadian Petroleum Association ont activement parrainé ces recherches. Au gouvernement fédéral, le Service de la protection de l'environnement d'Environnement Canada a appuyé la recherche grâce au programme de recherche sur les déversements d'hydrocarbures en milieu marin arctique (AMOP). Le grand objectif de ce programme est d'améliorer les mesures de lutte contre les déversements dans les eaux marines parcourues par les glaces.

Origine Du Projet

Origine du Projet de Déversement de Pétrole à L'Île Baffin

En 1978, les progrès scientifiques et techniques accomplis dans le domaine des mesures de lutte contre les déversements d'hydrocarbures en milieu marin arctique exigeaient que des déversements expérimentaux soient effectués sur le terrain. Ces déversements étaient en effet nécessaires pour s'assurer que les conclusions des recherches et les mesures d'intervention mises au point pouvaient s'appliquer à des événements réels.

Des représentants de l'industrie pétrolière canadienne, des universités et du gouvernement ont donc formé un comité, sous les auspices du programme AMOP, afin de mettre au point un plan de recherche sur les déversements d'hydrocarbures expérimentaux. Ce plan a été largement diffusé et a reçu un appui solide de la communauté scientifique et technique, des groupes d'intérêt spéciaux et des habitants du nord. Deux des expériences recommandées, en milieu "côtier" et "pré-côtier", ont par la suite été réunies en un seul projet, le projet de déversement de pétrole à l'île Baffin ou projet BIOS.

Objectif du projet BIOS

Le principal objectif du projet BIOS était de déterminer si l'utilisation de dispersants chimiques sur les nappes d'hydrocarbures près des côtes de l'Arctique réduirait ou augmenterait les répercussions biologiques des hydrocarbures et d'évaluer l'efficacité des autre méthodes de protection et de nettoyage des rivages. Le projet visait aussi à déterminer l'évolution chimique et physique des hydrocarbures dans les zones littorales de l'Arctique.

Il s'agissait donc d'établir des critères pour le choix des mesures de lutte appropriées contre les nappes d'hydrocarbures menaçant les secteurs littoraux ou déjà échouées sur les rivages. Trois grandes options ont été envisagées:

1. L'application de dispersants chimiques sur la nappe d'hydrocarbures afin de l'éliminer de la surface de l'eau. Cette option permet de diminuer la probabilité d'un contact avec les oiseaux de mer et les mammifères marins et de réduire la contamination des rivages. Les dispersants chimiques, en modifiant les propriétés de surface des hydrocarbures, permettent aux vagues de briser plus facilement la nappe en petites gouttelettes et de mélanger les particules d'hydrocarbures dans la colonne d'eau. Toutefois, les hydrocarbures dispersés peuvent par la suite perturber les organismes qui vivent dans ou sur les sédiments des zones littorales peu profondes. L'importance de ces répercussions dans les eaux arctiques était inconnue avant la mise sur pied du projet BIOS.
2. L'application des techniques existantes pour nettoyer les hydrocarbures échoués sur les rives. Notre capacité de restaurer les rivages de l'Arctique est toutefois gravement limitée. L'efficacité de certaines techniques utilisées dans les régions méridionales n'avaient pas été évaluées dans les régions nordiques et il a fallu inclure cette évaluation dans le projet BIOS.
3. Le nettoyage des hydrocarbures échoués sur les rives par les processus naturels. Il faut obtenir davantage d'information sur l'évolution et les effets des hydrocarbures échoués en conditions naturelles pour pouvoir évaluer les implications de cette option. On connaissait peu de chose à ce sujet, pour les régions arctiques, avant la mise en place du projet BIOS.

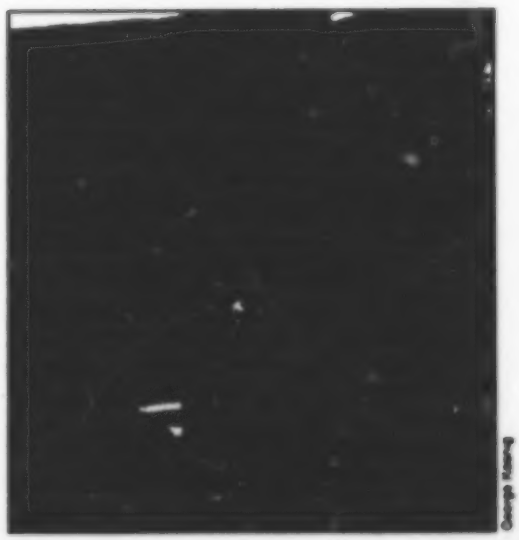
Administration et organisation du projet BIOS

Dès 1980, il était évident qu'il fallait assurer une coordination et une administration efficaces du projet étant donné sa complexité. Un bureau de projet BIOS a été créé à Edmonton et doté en personnel par Environnement Canada. Le bureau était conseillé par un comité d'administration formé de représentants de tous les organismes qui finançaient le projet. Cinq comités techniques ont été formés pour organiser le travail scientifique et donner des conseils. Ces comités s'occupaient respectivement de la recherche physique, chimique et biologique, des méthodes de déversement des hydrocarbures et des mesures de nettoyage des rivages. Pétro-Canada s'est occupé du soutien logistique pour les opérations sur le terrain. Le soutien administratif a été fourni par Environnement Canada et Pétro-Canada.

Participation Des Communautés Locales

Les promoteurs du projet BIOS sont demeurés en étroite relation avec les résidents locaux pendant toute la durée du projet. Le choix du site de Cape Hatt a été fait en partie d'après les suggestions des membres de collectivités de l'Est de l'Arctique. Des réunions ont été tenues pendant toute la durée du projet avec les conseils des villages de Pond Inlet et de Arctic Bay. Les membres des deux conseils étaient présents sur le site lors des déversements.

Le projet a fourni le plus grand nombre d'avantages possibles aux collectivités avoisinantes. Les approvisionnements ont été achetés sur place et les résidents ont été engagés pour travailler au camp. Les personnes en voyage de chasse et de pêche s'arrêtaient souvent au camp pour prendre un café et converser.



L'Emplacement

Le Choix D'Un Emplacement D'Essai

Pour les expériences proposées, il fallait choisir un emplacement dont les rives et le milieu littoral permettaient de faire des études comparatives tout en étant représentatifs des côtes arctiques ou subarctiques. L'emplacement devait également être acceptable pour les résidents de l'endroit, préoccupés par les éventuels impacts environnementaux du projet.

Les côtes du Labrador, du détroit de Lancaster et de la mer de Beaufort pouvaient toutes, éventuellement, convenir à l'expérience. Après la tenue de relevés aériens et au sol et après consultation avec la collectivité, les recherches ont été limitées au nord de l'île Baffin. Parmi plusieurs endroits suggérés par les conseils de village de Pond Inlet et de Arctic Bay, c'est la région de Cape Hatt qui a été choisie.

Cape Hatt

Cape Hatt est situé à 65 km au sud-ouest de Pond Inlet, collectivité la plus proche. Il est situé dans une région généralement montagneuse, coupée par des fiords. Des promontoirs rocheux abrupts hachent la côte en une série de baies aux plages de sable grossier, de gravier ou de galets. Du côté ouest de la péninsule de Cape Hatt (chenal Ragged), une série de baies de ce genre a servi à l'étude de la zone pré-côtière. Du côté est, une baie bien protégée ("la lagune Z") convenait bien à l'étude de la zone côtière.

Cape Hatt n'abrite aucune grosse population d'oiseaux ou de mammifères marins. Comme cela est courant dans l'Arctique, les zones intertidales (zones situées entre les laisses de haute et de basse mer) sont dénuées de toutes formes de vie inférieure à cause de la rudesse du milieu. Dans les zones subtidales (au-delà de la laisse de basse mer) la production biologique du fond marin ne commence vraiment qu'à des profondeurs supérieures à quelques mètres. Les espèces végétales et animales les plus abondantes sont dispersées dans la zone littorale arctique.

Les eaux sont libres de glace en moyenne 65 jours par année (de la fin Juillet au début octobre) et les marées varient entre 1 et 2 m.

Le camp de Cape Hatt

En mai 1980, un camp a été établi à un lac d'eau douce et situé à proximité d'un secteur pouvant servir de piste d'aviation. Le camp consistait en unités d'habitations de toile rigide et molle (tentes) capables de loger jusqu'à 60 personnes. Des installations de laboratoire passablement complètes et un magasin d'entretien y ont été installés pour appuyer les divers programmes scientifiques.

Un camp subsidiaire situé près de la rive a été utilisé pur les opérations de plongée, le tri des échantillons biologiques et les travaux de labora-toire nécessitant une circulation d'eau de mer.

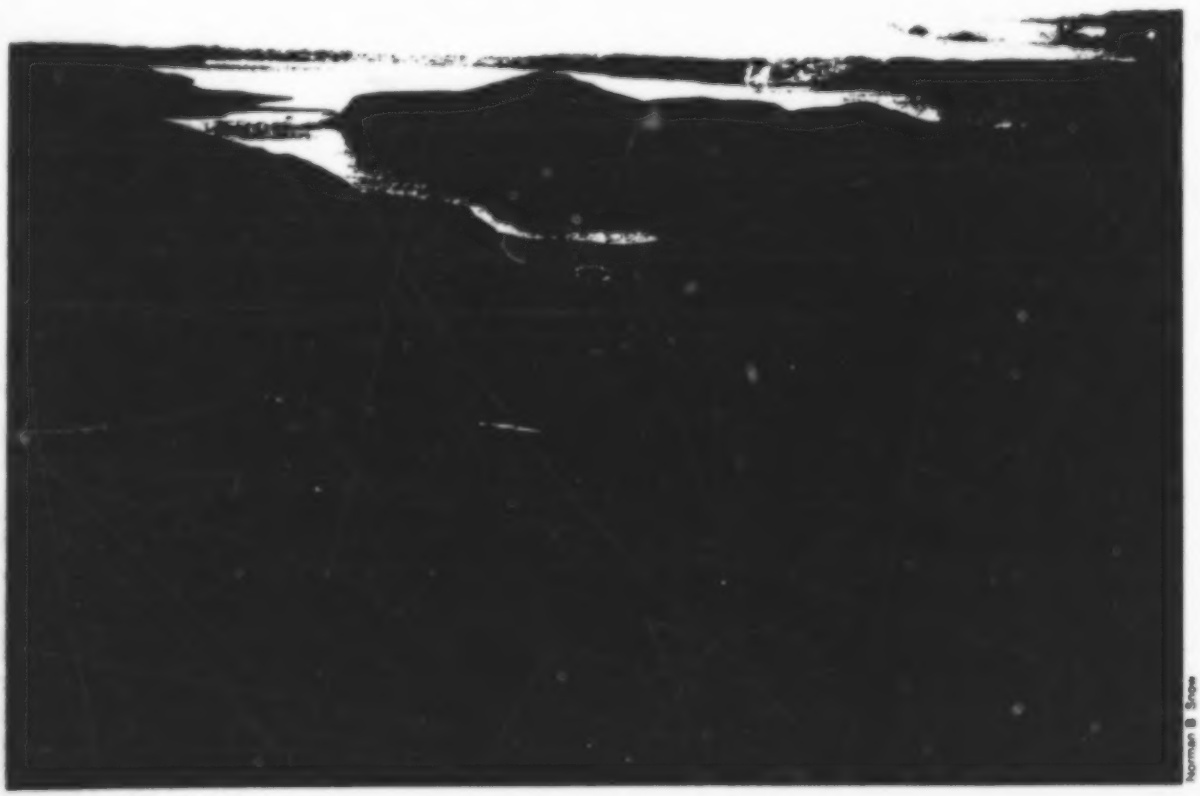
Les camps ont été utilisés pendant la période englacée au printemps et pendant la saison d'eau libre de chaque année.

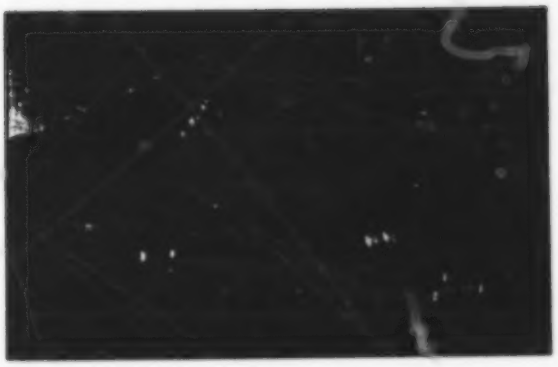
le Sund Eclipee
le Canal Ragged
les Emplacements de déversement de pétrole experimentaux
CANADA

Représentativité du milieu à l'étude

Les caractéristiques du rivage et de l'habitat subtidal du site expérimental étaient représentatives de l'Arctique de l'est et de l'Extrême-Arctique, ainsi que du nord du Labrador. Les sites d'essai représentaient généralement bien les milieux côtiers arctiques qui pourraient éventuellement être perturbés par un déversement d'hydrocarbures, à l'exception du sud de la mer de Beaufort.

L'absence relative d'oiseaux et de mammifères dans la région à l'étude n'a pas été considérée comme inhabituelle; seule une faible proportion de la vaste côte de l'Arctique est utilisée abondamment par des espèces-ressources importantes.





Logistique

L'aménagement d'un camp en région éloignée a nécessité le transport d'une quantité impressionnante de matériel. Pendant l'aménagement, le chargement de sept avions Hercule a été transporté par convoi de traineaux sur la glace de mer du détroit Eclipse. Des centaines de barils de pétrole et des tonnes d'équipement ont été livrés par le brise-glace Franklin de la Garde côtière canadienne et par des navires de ravitaillement commerciaux.

L'approvisionnement et le transport du personnel régulier du camp se faisaient par hélicoptère et par avion Twin Otter. L'hélicoptère stationné en permanence au camp a été d'une utilité inappréciable pour répondre aux besoins logistiques locaux et effectuer échantillonnage et observations scientifiques.

Le Milieu Pré-côtier

Etude du Milieu Pré-côtier

Plan d'étude

La stratégie adoptée pour l'étude du milieu pré-côtier était la suivante. Il s'agissait d'abord de choisir plusieurs sites d'essai (de préférence des baies) semblables le long de la côte du chenal Ragged, puis de déverser des hydrocarbures en nappe dans l'un d'eux, un mélange d'hydrocarbures et de dispersants dans un autre, et de garder le troisième comme emplacement témoin non traité. On comparait ensuite l'evolution et les effets des

hydrocarbures dispersés avec ceux d'une nappe d'hydrocarbures ayant échoué sur la côte.

L'expérience devait durer quatre ans. Les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des sites ont été mesurées en 1980 avant d'arrêter le choix des baies qui serviraient aux essais et pour obtenir une base de données antérieures aux déversements. Des informations sur la géomorphologie, la météorologie, le mouvement des glaces et l'océanographie de la région ont en outre été utilisées pour établir des prévisions sur le déplacement et le comportement des hydrocarbures déversés.

Les déversements d'hydrocarbures ont eu lieu en 1981. Des observations et des mesures ont été faites avant et après les déversements et se sont poursuivies en 1982 et en 1983.

La concentration et la composition des hydrocarbures dans la colonne d'eau, dans les sédiments intertidaux et subtidaux ainsi que dans les organismes benthiques ou le benthos (les végétaux et les animaux qui vivent associés au fond marin, p. ex. les vers, les bivalves, les étoiles de mer, les algues) ont été déterminées. Les effets des hydrocarbures sur le nombre, la taille, la santé et le comportement du benthos ont été contrôlés. Le plancton, le poisson, les oiseaux et les mammifères marins n'ont pas été inclus dans l'étude à cause de leur présence sporadique dans la région et de leur mobilité.

Plongée

Des biologistes plongeurs habitués aux conditions régnant dans l'Arctique ont joué un rôle important dans le projet BIOS. La possibilité de faire des observations directes sous l'eau et de prélever des échantillons a beaucoup ajouté à la qualité des informations recueillies.

Dana M. Thomson

William E. Cross

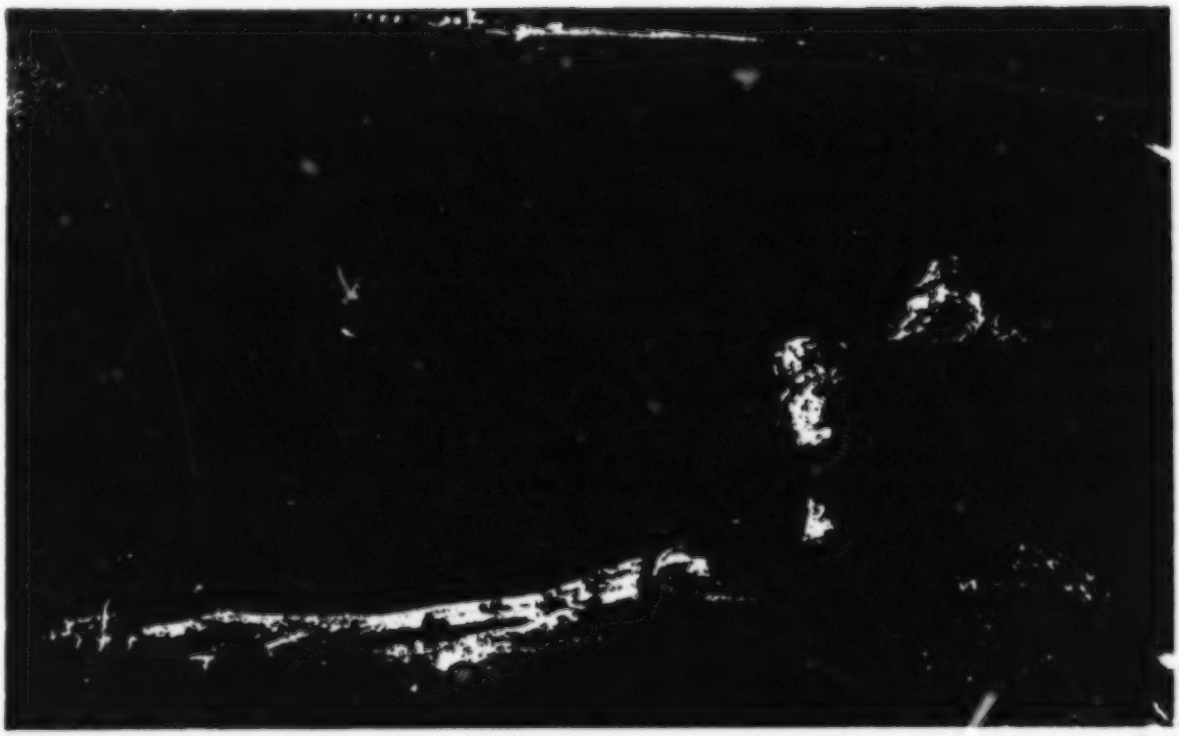
Protection de l'environnement pendant les déversements expérimentaux

De sérieuses précautions ont été prises afin de réduire au minimum toute répercussion inattendue qu'auraient pu avoir les expériences. Les chercheurs ont préparé un plan d'urgence et une équipe d'intervention de la Garde côtière canadienne était sur les lieux pendant les déversements. Les hydrocarbures ont été déversés dans des conditions qui assuraient qu'ils seraient transportés vers les secteurs désignés. Des barrages ont été déployés pour contenir les hydrocarbures flottants. D'autres équipements d'intervention se trouvaient sur place en cas d'urgence. Aucun oiseau ou mammifère marin n'a pénétré dans la zone expérimentale lorsqu'il s'y trouvait des quantités importantes d'hydrocarbures à la surface des eaux. Aucun animal emmazouté n'a été observé.

Déversements d'hydrocarbures

Les déversements devaient simuler deux événements précis qui pourraient survenir se une nappe de pétrole relativement frais approchait de la côte arctique pendant la saison d'eau libre. Dans le premier cas, la nappe est dispersée chimiquement et le panache de particules d'hydrocarbures entre en contact avec les sédiments et les organismes vivant dans les eaux peu profondes. Dans le second, aucune mesure d'intervention n'est prise et les hydrocarbures flottants échouent sur la rive.

Pour chacun des deux déversements, environ 75 barils (15 mètres cubes) de pétrole brut ont été utilisés. Les deux ont été effectués pendant la marée montante (période de six heures), pour que les hydrocarbures se dirigent normalement vers la côte.



Déversement de la nappe d'hydrocarbures

Les hydrocarbures ont été déversés dans l'une des baies choisies pour les essais le 19 août 1981. Les vents ont transporté la nappe vers le rivage. A mesure que la marée descendait, les hydrocarbures se sont échoués sur le sable et les sédiments graveleux dans la zone intertidale. Des barrages étaient en place pour contrôler la nappe et prévenir toute contamination des sites d'essai adjacents.

Après un cycle tidal complet, les hydrocarbures qui restaient à la surface de l'eau ont été récupérés pour simuler l'extraction naturelle par les eaux. La récupération a cessé lorsque, 48 heures plus tard, les hydrocarbures ayant échoué sur la plage étaient stabilisés et n'étaient plus remis en flottation en grande quantité.

Évolution de la nappe échouée

Environ le tiers des hydrocarbures n'a pas adhéré à la plage et a été extrait de la surface de l'eau. L'évaporation et la dissolution dans l'eau de mer ont éliminé un autre tiers. Seul un tiers d'hydrocarbures déversés est donc demeuré sur la rive quelques jours après le déversement, ce qui représente un degré de contamination réaliste, mais relativement faible, d'une rive à faible énergie.

Au cours des deux années suivantes (comptant au total 18 semaines de conditions d'eau libre), la quantité d'hydrocarbures échoués sur la plage a diminué relativement vite. Dès 1983, seulement 30 % du volume original d'hydrocarbures échoués demeuraient encore sur la plage. La distribution des hydrocarbures dans la zone contaminée était inégale et leur composition chimique variait du fait de l'action des processus biologiques et physiques. La majeure partie des hydrocarbures restants s'est consolidée dans les sédiments en une formation bien stabilisée qui normalement, devrait retarder le rythme de l'érosion subséquente.

Une partie du pétrole enlevé de la plage a été transportée par le ruissellement et par l'action des vagues jusqu'aux sédiments subtidaux adjacents. La quantité de ces résidus augmente lentement avec le temps et décroît en fonction de la distance de la côte. Les concentrations réelles étaient toutefois relativement faibles.

Les concentrations d'hydrocarbures dans la colonne d'eau ont été toujours faibles, même sous la nappe. En 1982 et en 1983, seules des quantités infimes d'hydrocarbures se trouvaient encore dans les eaux du chenal Ragged. Quelques plaques se détachaient parfois de la plage, mais elles ne contenaient que d'infimes quantités d'hydrocarbures.

Déversement des hydrocarbures dispersés chimiquement

Le 27 août 1981, un mélange d'hydrocarbures, de dispersants chimiques et d'eau de mer a été déversé dans une autre baie au moyen d'une conduite sous-marine avec diffuseurs placée près du fond de la mer. Cette méthode a été choisie parce qu'elle permettait de mieux contrôler les hydrocarbures et de favoriser la formation et la distribution du panache d'hydrocarbures dispersés. Le panache ainsi créé représentait bien la dispersion complète d'une nappe en surface. Des barrages

Gary A. Sergy

ont été installés pour éviter toute recoalescence des hydrocarbures à la surface.

Evolution des hydrocarbures chimiquement dispersés

Les courants ont entraîné le panache d'hydrocarbures dispersés dans la baie choisie pour les essais de même que dans une baie adjacente. Les hydrocarbures sont entrés en contact avec les sédiments et les organismes de fond entre le rivage et une profondeur d'environ 15 mètres. Après quelques jours, les hydrocarbures étaient largement distribués dans toutes les eaux superficielles du chenal Ragged et dilués à des concentrations très faibles. Presque tous les hydrocarbures sont restés à l'état dispersé et très peu ont été remis en flottation ou ont adhéré aux sédiments de la plage.

Dans le site d'essai, les concentrations d'hydrocarbures dans la colonne d'eau étaient beaucoup plus élevées que prévu et dépassaient également les concentrations relevées dans d'autres cas où des dispersants avaient été appliqués sur une nappe d'hydrocarbures flottants. Les concentrations observées dans la baie adjacente étaient toutefois plus conformes aux prévisions.

Du fait de la technique de déversement sous-marin utilisée, les organismes benthiques des deux sites ont été exposés à des concentrations anormalement élevées des constituants les plus toxiques des hydrocarbures qui, normalement, se seraient évaporés. La méthode de déversement a également introduit des hydrocarbures à une plus grande profondeur que cela aurait été le cas si une nappe flottante avait été traitée avec des dispersants.

A mesure que le panache d'hydrocarbures dispersés se dissipait dans le chenal, les organismes marins d'une zone beaucoup plus vaste ont été exposés à des concentrations très faibles.

Les hydrocarbures chimiquement dispersés ont rapidement contaminé les sédiments subtidaux, mais les quantités contenues dans ces sédiments étaient peu importantes. Au voisinage du lieu de déversement, les résidus d'hydrocarbures sont restés à des teneurs faibles en 1983.

Norman B. Snow

Pourquoi étudier les organismes benthiques?

Les organismes benthiques vivent en association avec les sédiments de fond marins. De nombreux bivalves et vers s'enfouissent dans la boue. D'autres, comme les étoiles de mer, les oursins et les algues vivent au-dessus. Ces organismes, que l'on désigne collectivement par l'expression "communauté benthique", jouent un rôle essentiel dans l'écosystème océanique. Ils recyclent les nutriants fondamentaux et soutiennent les animaux supérieurs dans la chaîne alimentaire. On les étudie également parce que leur mode de vie relativement sédentaire en font de bons indicateurs de pollution. Certaines espèces de bivalves arctiques sont reconnus pour avoir une durée de vie de plus de 30 ans.

Il y a une très grande variété d'organismes benthiques à Cape Hatt, sur l'île Baffin. Environ 250 espèces d'animaux et 60 espèces d'algues différentes ont été identifiées. Ces espèces étaient également présentes en quantité considérable. Sur une moyenne d'un mètre carré de fond (à 7 mètres de profondeur) on dénombrait plus de 6000 animaux, ce qui représente une biomasse de 1.4 kilogramme.

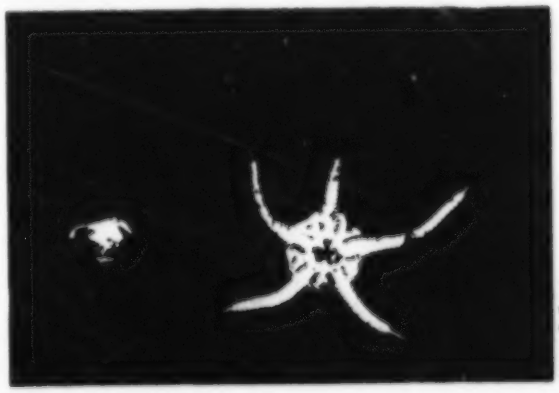
Effets biologiques des déversements d'hydrocarbures

Effets immédiats

Étant donné la rareté des organismes vivants dans la zone intertidale du milieu choisi, les effets biologiques y ont été peu importants, tel que prévu. Des amphipodes (petits animaux ressemblant à des crevettes), qui passent une partie de leur temps à la limite des eaux, sont morts lorsqu'ils sont entrés en contact avec la nappe d'hydrocarbures. En fait, les deux déversements expérimentaux ont temporairement réduits le nombre des individus d'une espèce d'amphipodes. Toutefois, dès l'année suivante, les populations étaient rétablies par migration à partir des zones adjacentes.

Aucun effet subtidal à court terme n'a été attribué à la nappe de surface. Toutefois, le panache d'hydrocarbures dispersés a eu des effets aigus très marqués sur divers animaux benthiques subtidaux tant dans la baie où a été effectué le déversement que dans la baie d'étude adjacente.

Parmi les premières réactions observées, mentionnons la fuite de certains animaux vivant dans les sédiments et le déplacement d'autres animaux, probablement dans une tentative d'éviter les hydrocarbures. Bientôt, tous les animaux furent immobilisés ou intoxiqués et gisaient dans des poses artificielles. La plupart de ces animaux ont récupéré au cours des deux années qui ont suivi, bien que certains d'entre eux aient été mangés par les prédateurs ou les nécrophages.



William E. Cross

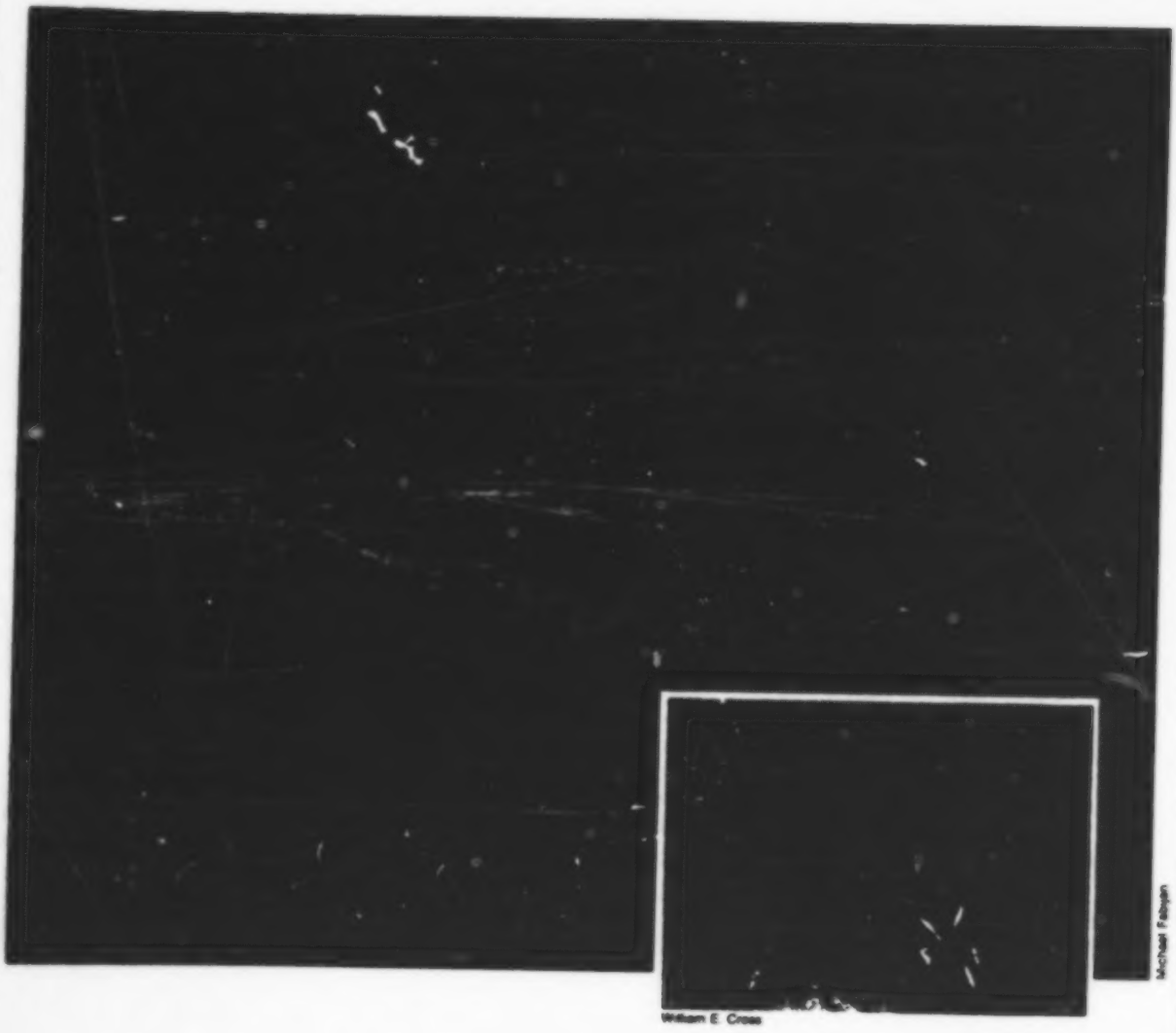
Le schéma général de réponse a été confirmé par les recherches en laboratoire où les conditions observées sur le terrain ont été reproduites. Ces expériences ont démontré que les effets observés étaient causés par les degrés d'exposition élevés plutôt que par la quantité d'hydrocarbures accumulée dans les organismes. Ce phénomène est probablement attribuable aux concentrations anormalement élevées des composés toxiques non altérés dans les hydrocarbures dispersés.

Aucun changement de comportement n'a été observé ailleurs dans le chenal Ragged, où l'on n'a relevé que d'infimes concentrations d'hydrocarbures dispersés.

Effets à long terme

Aucun des deux déversements n'a entraîné une mortalité importante chez les organismes benthiques pendant la période d'observation ou amené de changements significatifs dans la structure de la communauté benthique. Les données recueillies sur les animaux et les végétaux des sites d'essai ont été soumises à une analyse statistique rigoureuse. De nombreuses variables ont été examinées, mais très peu de changements ont pu être attribués à la présence des hydrocarbures.

Certains indices laissent croire que les hydrocarbures ont eu des effets sublétaux sur quelques espèces. Les données étant semblables pour les deux déversements, il semble que les résidus persistant dans les sédiments subtidaux en soient la cause.



Michael Fabyan

William E. Cross

Accumulation biologique des hydrocarbures

Cependant, un effet à court et à long terme des déversements d'hydrocarbures a été l'accumulation d'hydrocarbures dans le corps des organismes benthiques subtidaux. Cette absorption se fait normalement par l'ingestion d'aliments; par exemple, certains bivalves filtrent de grandes quantités d'eau pour en extraire les particules fines en suspension (bivalves filtreurs); d'autres ingèrent les sédiments de fond (bivalves déposivores).

Les bivalves filtreurs exposées au panache d'hydrocarbures dispersés ont rapidement accumulé de grandes quantités d'hydrocarbures. Ce phénomène survient même à de très faibles concentrations d'hydrocarbures et touche donc une très vaste zone vu le déplacement important du panache. Une fois terminée l'exposition, l'accumulation diminue de façon marquée en moins de deux semaines pour revenir à des teneurs approchant les teneurs de fond au bout d'un an.

À plus long terme, mais sur une base très localisée, les bivalves déposivores et les oursins vivant dans les sédiments contaminés affichaient des teneurs corporelles élevées même deux ans après les déversements, ce qui témoigne de l'influence continue des résidus à faible teneur en hydrocarbures dans les sédiments. Ce phénomène, bien que semblable pour les deux déversements, devrait se persister pour une période prolongée dans la zone subtidale adjacente à la nappe d'hydrocarbure échouée, là où des quantités considérables d'hydrocarbures sont potentiellement présentes pour une longue période.

Effets des hydrocarbures sur les bactéries et biodégradation des hydrocarbures

Les micro-organismes de la colonne d'eau qui utilisent les composés du carbone comme source d'alimentation n'ont pas été affectés par la nappe de surface et n'ont été perturbés que temporairement par les hydrocarbures dispersés chimiquement. Les effets des hydrocarbures sur les bactéries vivant dans les sédiments subtidaux étaient également mineurs.

Il y avait dans la colonne d'eau et les sédiments subtidaux de toutes les baies des bactéries que dégradent les hydrocarbures, mais nous ne possédons aucune analyse chimique et biologique qui démontre que cette biodégradation survient réellement *in situ* dans les sédiments subtidaux. Bien que le potentiel de biodégradation existe indéniablement, cela ne semble pas être un facteur significatif dans l'élimination des hydrocarbures décantés compte tenu des faibles teneurs en jeu.

Dans la zone intertidale, la dégradation biologique des hydrocarbures échoués entre effectivement en jeu. Toutefois, sur une période de deux ans, ce processus n'a éliminé que de faibles quantités d'hydrocarbures, comparativement aux quantités éliminées par les processus physiques, en particulier.

La Zone Côtière

Étude de la Zone Côtière

Plan d'étude

L'étude de la zone côtière devait comparer l'efficacité des techniques de nettoyage choisies à celle des processus naturels d'auto-nettoyage. L'étude s'est poursuivie sur une période de quatre ans. En 1980, les lots témoins ont été emmazoutés; au cours de la deuxième et de la troisième année, les lots témoins et les lots d'essai ont été emmazoutés et différentes méthodes de nettoyage ont été essayées. Des segments de rivage composés de différents

matériaux pélagiques et exposés à divers degrés d'action des vagues et des marées ont été choisis à l'entrée et à l'intérieur de la "lagune Z". Du pétrole brut a été appliqué directement en une couche uniforme dans des lots appariés (20 - 40m²) de la zone intertidale pour tester les plages ainsi que les arrière-plages (la zone pélagique supérigure au-delà de l'avancée habituelle des vagues et des marées). Le pétrole brut utilisé était le même que dans l'étude de la zone pré-côtière. Une émulsion eau-hydrocarbures a été utilisée dans un lot sur deux. Après emmazoutage, les lots ont été laissés à eux-mêmes pendant 24 heures (deux cycles de marée) avant la mise en oeuvre du nettoyage.

Tous les lots ont été échantillonnés et analysés avant l'emmazoutage et à des intervalles réguliers par la suite, y compris pendant la quatrième année. Les changements dans la concentration, la composition et la distribution des hydrocarbures ont été relevés.

Rétention et persistance des hydrocarbures

Les lots intertidaux ont été trop emmazoutés. La rétention initiale des hydrocarbures était fonction des caractéristiques des sédiments, du niveau piézométrique et du type d'hydrocarbures. L'extraction subséquente s'est faite principalement par l'action des vagues et des marées.

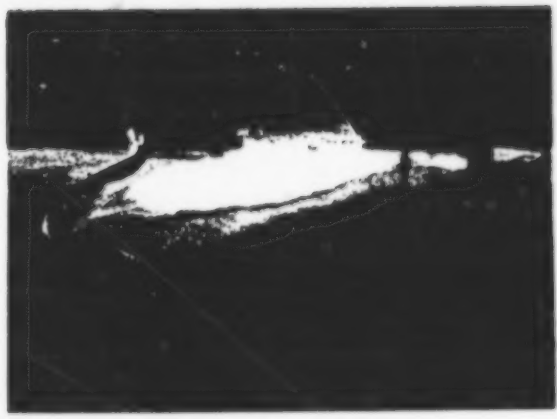
L'énergie des vagues a été un facteur dominant sur les pages exposées où 99 % des hydrocarbures ont été enlevés en moins de 48 heures. Sur les plages partiellement exposées, la plupart des hydrocarbures ont été enlevés pendant la première saison d'eau libre et, dès la fin de la deuxième saison, moins de 0,05 % des hydrocarbures restait encore sur la plage. Sur les plages protégées, les marées montantes ont enlevé de grands quantités d'hydrocarbures au cours des premières journées, après quoi les quantités ont diminué à un rythme plus lent. Les hydrocarbures ont été moins persistants sur une plage constituée de sédiments de granulométrie fine plus plate qu'une autre constituée de galets et de cailloux qui offrait une plus grande ruguosité de surface. Dans ce dernier cas, les résidus d'hydrocarbures étaient encore visibles quatre ans après le déversement.

Les lots d'arrière-plages n'ont pas été affectés par l'action des vagues. Les conditions climatiques er pédologiques y ont donc joué un rôle plus important dans l'évolution des hydrocarbures. L'apparence de ces lots n'a pas changé beaucoup sauf qu'après trois ans, on y trouvait des surfaces d'hydrocarbures durcis. La composition des hydrocarbures a été grandement affectée par la dégradation physique et biologique.

Méthodes de nettoyage des plages

Dans les essais de nettoyage, deux méthodes d'application des dispersants chimiques ont été utilisées sur les lots emmazoutés: pulvérisation d'un mélange dispersants-eau de mer à l'aide d'un tuyau à forte pression dans le but de chasser les hydrocarbures, et pulvérisation à faible pression du même mélange sur les eaux, laissé à l'action de la marée et des vagues. Sur les plages de galets partiellement exposées aux vagues, l'utilisation des dispersants a rapidement réduit la quantité des hydrocarbures en surface. Cependant, après 40 jours, les concentrations observées étaient semblables à celles des lots emmazoutés non traités. Sur les plages très bien protégées, l'energie des vagues a été insuffisante pour décomposer le mélange dispersants - hydrocarbures. Le traitement a donc été inefficace dans ces cas.

Le brassage mécanique des sédiments emmazoutés à l'aide d'un motoculteur a permis de réduire rapidement la quantité d'hydrocarbures en surface, mais en a augmenté la quantité sous la surface. L'utilisation d'agents chimiques de solidification, bien que très coûteuse en main-d'oeuvre, a été efficace pour stabiliser les



Bryan S. Cashon

sédiments emmazoutés. Le lavage à basse pression des sédiments pélagiques emmazoutés de granulométrie fine avec de l'eau de mer n'a pas réduit la concentration des hydrocarbures. Le brûlage s'est également révélé inefficace, les amorces à haute température ayant même failli à entretenir la combustion pour les plages de galets emmazoutés. L'application de fertilisants commerciaux sur les lots a permis d'augmenter le nombre de bactéries et d'accélérer la biodégradation des hydrocarbures dans les sédiments fins d'arrière-plage, mais non dans les sédiments grossiers.

Des Applications

Application Des Résultats Aux Mesures De Lutte Contre Les Déversements D'Hydrocarbures

Le projet BIOS a permis de recueillir les données fiables sur l'évolution et les effets des hydrocarbures chimiquement dispersées dans la zone pré-côtière arctique, et des hydrocarbures échoués sur la côte; il a aussi permis d'évaluer l'efficacité des techniques de nettoyage des rivages. Ces données peuvent être appliquées directement dans les prises de décision concernant l'utilisation de dispersants chimiques sur les nappes d'hydrocarbures approchant la côte et le nettoyage des plages contaminées dans l'Arctique.

Peter J. Blackall

Utilisation de dispersants chimiques sur les nappes de pétrole

D'après les résultats obtenus par le projet BIOS, il semble n'y avoir aucune contre-indication écologique majeure à l'utilisation de dispersants chimiques sur les nappes de pétrole dans des zones littorales semblables au site expérimental.

Les plantes et les invertébrés marins des eaux peu profondes ont supporté pendant des périodes prolongées des expositions importantes aux hydrocarbures chimiquement dispersés. Certains effets comportementaux et physiologiques immédiats se sont manifestés mais de facon temporaire. Sur une période de deux ans suivant le déversement, aucun changement écologique important n'a été observé dans la communauté benthique.

Toute décision concernant l'utilisation de dispersants devrait tenir compte des répercussions de l'accumulation des hydrocarbures dans les organismes benthiques. D'après les résultats du projet BIOS, ce phénomène pourrait se manifester sur une vaste superficie, mais durerait probablement peu longtemps. Les effets à long terme durerait probablement peu longtemps. Les effets à long terme attribuables aux résidus à faible teneur en hydrocarbures dans les sédiments subtidaux ne sont vraisemblablement que très ponctuels. Néanmoins, il faudrait être prudent dans les endroits où les organismes pollués sont fortement consommés, par exemple dans les aires d'alimentation des oiseaux et des mammifères. L'emmazoutage direct des oiseaux et des mammifères est cependant percu comme un problème beaucoup plus grave que le transfert des hydrocarbures par la chaîne alimentaire. On reconnaît généralement que les habitats nécessaires aux espèces-ressources importantes doivent être protégés des hydrocarbures, quel qu'en soit le type.

En situation de déversement réel, l'approbation de l'utilisation des dispersants chimiques devrait être conditionnelle à un grand nombre de facteurs. Les critères économiques, technologiques et logistiques doivent être pris en considération dans la décision finale au même titre que les répercussions environnementales. Le projet BIOS ne portait que sur les répercussions environnementales, mais, selon les résultats obtenus, il semble que l'utilisation des dispersants chimiques dans les secteurs littoraux puisse être une mesure d'intervention environnementalement acceptable et puisse réduire les effets négatifs nets d'un déversement. La dispersion chimique pourrait être la seule solution dans des situations où la protection immédiate des côtes et des habitants pré-côtiers a une importance capitale ou dans les endroits où les opérations de nettoyage des rivages sont peu souhaitables pour l'environnement.

Il est peu probable que l'utilisation de dispersants soit proposée dans les secteurs où la protection des plages n'est pas prioritaire. Par conséquent, dans certains cas, on laisserait les nappes s'échouer sur les plages.

Priorités en Matière de protection et de nettoyage des plages

Selon le projet BIOS, il n'y a, du point de vue écologique, aucune raison sérieuse de procéder au nettoyage des hydrocarbures échoués sur les côtes arctiques, pourvu que les zones touchées ne constituent ni des habitats critiques pour les organismes supérieurs, ni des emplacements soumis à une utilisation des terres traditionnelle.

Un impact relativement peu important a été relevé sur une plage contaminée que l'on avait laissée se rétablir par l'action des processus naturels. L'exposition aux résidus à faible teneur en hydrocarbures contenus dans les sédiments n'a pas entraîné de changements importants dans les plantes et les organismes benthiques subtidaux pendant les deux ans qui ont suivi le déversement. Bien qu'un gros déversement pourrait augmenter ces répercussions, le déversement expérimental avait quand même des proportions réalistes dans un habitat côtier arctique de type courant et, par conséquent, témoigne bien des impacts réels que pourrait avoir un tel déversement.

D'après les résultats, il semble que les résidus d'hydrocarbures pourraient persister longtemps sur les plages à faible énergie, dans les zones d'arrière-plage, ainsi que dans les sédiments de fond situés à proximité. Toute décision relative au nettoyage des plages devrait donc tenir compte de la bioaccumulation pontuelle des hydrocarbures et des effets sublétaux potentiels que cela peut avoir sur le benthos subtidal.

Le projet a également confirmé que les plages arctiques polluées par les hydrocarbures pouvaient être nettoyées par les processus naturels malgré la courte durée de la saison d'eau libre et que cela pouvait se faire très rapidement sur les plages exposées à une action des vagues modérée.

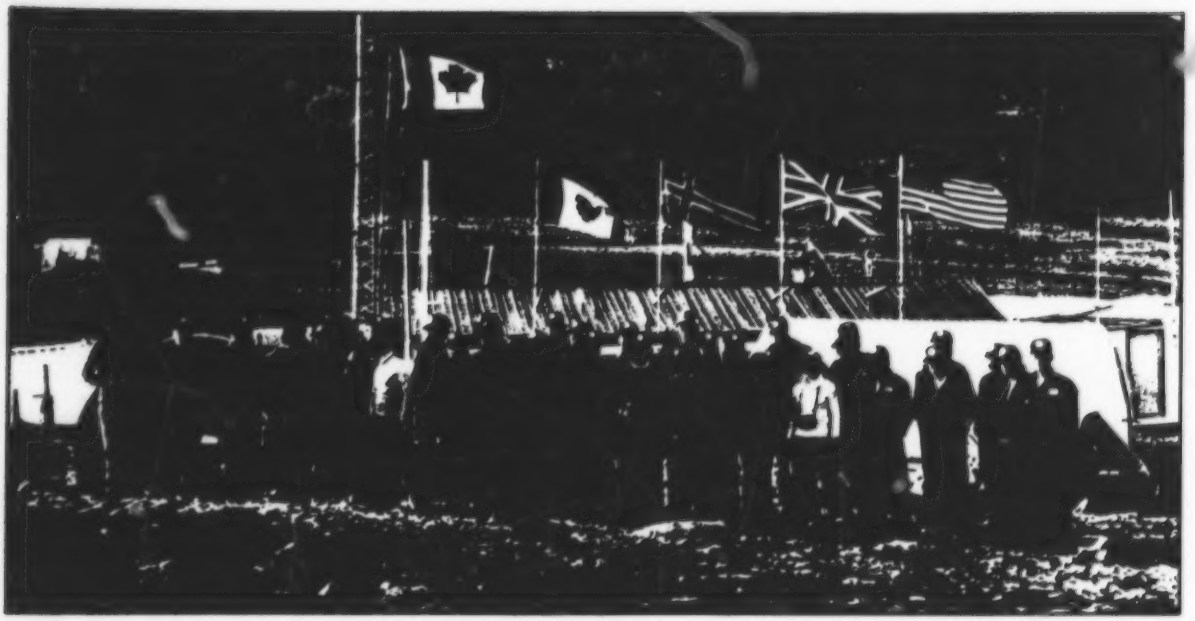
Pour ce qui est des priorités de nettoyage, les résultats indiquent que le nettoyage naturel pourrait être acceptable pour de larges portions de la côte arctique. Les interventions pourraient ainsi être efficacement dirigées vers les secteurs de plus grande importance et plus vulnérables tels que les côtes adjacentes à des agglomérations, les aires de reproduction et de repos de la faune et les territoires traditionnels de chasse et de pêche.

Méthodes de nettoyage des rivages

Les contraintes climatiques, logistiques et techniques réduisent considérablement la faisabilité du nettoyage des rivages (et de leur protection) dans l'Arctique en cas de déversement. Le type et le mode d'application des mesures de lutte sont limités et beaucoup de ces mesures ne feraient qu'accélérer le processus de rétablissement naturel. Il est donc essentiel, dans de nombreux cas, de choisir soigneusement la stratégie et la technique qui conviennent le mieux lorsqu'un nettoyage s'impose.

Parmi les méthodes de nettoyage étudiées dans le cadre du projet BIOS, deux ont pu entraîner une réduction immédiate des quantités d'hydrocarbures présentes à la surface des plages. Ces méthodes peuvent être souhaitables lorsque l'objectif est de réduire le contact entre les hydrocarbures et la faune qui fréquente le rivage. Dans ces cas, la surface de la plage peut être nettoyée à l'aide d'une solution de dispersants qui chasse les hydrocarbures jusque dans le milieu subtidal. On peut encore procéder au brassage mécanique pour redistribuer les hydrocarbures plus profondément dans la plage.

On peut également envisager un lavage aux dispersants pour prévenir la consolidation des sédiments mazoutés (formation de bitume) dans la zone intertidale et diminuer la persistance des résidus d'hydrocarbures ainsi stabilisés.



Coopération internationale au projet BIOS

Dès le début, le projet BIOS a cherché à obtenir la participation de tous les groupes intéressés. Les gouvernements, l'industrie, les groupes d'intérêt public et les résidents ont pris part à la conception et au déroulement du projet.

Le projet constitue un exemple remarquable de coopération internationale. Des organismes et des compagnies du Canada, des États-Unis, de la Norvge et du Royaume-Uni ont participé à la planification, au financement et à l'exécution du projet. Le financement étranger direct représente environ 25 % des revenus totaux. La balance des coûts a été partagée également entre le gouvernement du Canada et l'industrie pétrolière canadienne.

En Résumé

Le projet BIOS a démontré la valeur de la recherche pratique appliquée de façon judicieuse.

Les objectifs de l'étude ont été atteints et de grandes connaissances ont pu être acquises sur la physique et l'écologie du littoral arctique et sur les effets des déversements de pétrole dans cet environnement.

Le projet a permis de jeter des bases solides pour l'élaboration d'un programme de contrôle des effets de l'activité humaine dans l'Arctique et de poursuivre les efforts en vue d'améliorer la technologie pour la récupération des hydrocarbures diversées dans les eaux arctiques.

Publications

Dan Le Cadre Du Projet BIOS

Ce résumé du projet de déversement de pétrole à l'île Baffin se fonde sur 31 rapports techniques que l'on peut se procurer auprès de la Division du transfert de la technologie et de la formation, Conservation et Protection, Environnement Canada, Ottawa (Ontario) K1A 1C8.

Une série de documents scientifiques sur le projet BIOS sera publiée dans une livraison spéciale de la revue **Arctic** par le Arctic Institute of North America, II' étage, Library Tower, 2500 University Drive, N.W., Calgary (Alberta) T2N 1N4.

Pour plus de renseignements sur le projet BIOS, s'adresser au Projet BIOS, a/s Centre environnemental de River Road, Conservation et Protection, Environnement Canada, Ottawa (Ontario) K1A 1C8.

Projet de Déversement de Pétrole à L'île Baffin
Série des Rapports de Travail

Etude de 1980

Rapport 80-1 CHEMISTRY: 1. Field Sampling and Environmental Chemistry
80-2 CHEMISTRY: 2. Hydrocarbon Chemistry
80-3 MACROBENTHOS
80-4 SHORELINE COUNTERMEASURES
80-5 MICROBIOLOGY: 1. Effects of Oil on Bacterial Activity
80-6 MICROBIOLOGY: 2. Biodegradation of Oil
80-7 GEOMORPHOLOGY
80-8 ICE CONDITIONS

Etude de 1981

Rapport 81-1 CHEMISTRY: 1. Field Sampling and Measurements
81-2 CHEMISTRY: 2. Analytical Biogeochemistry
81-3 MACROBENTHOS
81-4 SHORELINE COUNTERMEASURES
81-5 MICROBIOLOGY: 1. Effects of Oil on Bacterial Activity
81-6 MICROBIOLOGY: 2. Biodegradation of Oil
81-8 ICE CONDITIONS
81-9 DISCHARGE SYSTEMS
81-10 SPECIAL STUDIES

Etude de 1982

Rapport 82-1 CHEMISTRY: 1. Field Sampling and Measurements
82-2 CHEMISTRY: 2. Analytical Biogeochemistry
82-3 MACROBENTHOS
82-4 SHORELINE COUNTERMEASURES
82-5 MICROBIOLOGY: 1. Effects of Oil on Bacterial Activity
82-6 MICROBIOLOGY: 2. Biodegradation of Oil
82-7 SPECIAL STUDIES

Etude de 1983

Rapport 83-1 CHEMISTRY: 1. Field Sampling and Measurements
83-2 CHEMISTRY: 2. Analytical Biogeochemistry
83-3 MACROBENTHOS
83-4 SHORELINE COUNTERMEASURES
83-5 MICROBIOLOGY: 1. Effects of Oil on Bacterial Activity
83-6 MICROBIOLOGY: 2. Shoreline Biodegradation
83-7 TOXICOLOGY